

RÉSUMÉ DE THÈSE

Morphologie Mathématique et Graphes : Application à la Segmentation Interactive d'Images Médicales

Jean Stawiaski

Centre de Morphologie Mathématique, Ecole des Mines de Paris.

Soutenance le 13 Octobre 2008

Jury :

Marc Van Droogenbroeck	<i>Rapporteur</i>
Philippe Salembier	<i>Rapporteur</i>
Jean Marie Becker	<i>Examineur</i>
Francois Bidault	<i>Examineur</i>
Thomas Sangild Sørensen	<i>Examineur</i>
Etienne Decencière	<i>Directeur de thèse</i>
Dominique Jeulin	<i>Directeur de thèse</i>

La recherche en imagerie médicale est une des disciplines les plus actives du traitement d'images. La segmentation et l'analyse d'images dans un contexte clinique reste un problème majeur de l'imagerie médicale. La multiplicité des modalités d'imagerie, ainsi que les fortes variabilités des structures et pathologies à analyser rendent cette tâche fastidieuse. Dans la plupart des cas, la supervision de spécialistes, tels que des radiologistes, est nécessaire pour valider ou interpréter les résultats obtenus par analyse d'images. L'importante quantité de données, ainsi que les nombreuses applications liées à l'imagerie médicale, nécessitent des outils logiciels de très haut niveau combinant des interfaces graphiques complexe avec des algorithmes interactifs rapides.

Les récentes recherches en segmentation d'images ont montré les avantages et les qualité des méthodes à base de graphes. L'intérêt suscité dans la communauté scientifique a permis de développer et d'utiliser rapidement ces techniques dans de nombreuses applications. La théorie des graphes constitue aussi la base de nos travaux. Nous avons étudié les arbres de recouvrement minimaux, les coupes minimales ainsi que les arbres de chemins les plus courts. Notre étude a permis de mettre en lumière des liens entre ces structures a priori très différentes. Nous avons prouvé que les forêts des chemins les plus courts, ainsi que les coupes minimales convergent toutes les deux, en appliquant une transformation spécifique du graphe, vers une

structure commune qui n'est autre qu'une forêt de recouvrement minimale. Cette étude nous a permis de souligner les limitations et les possibilités de chacune de ces techniques pour la segmentation d'images.

Dans un second temps, nous avons proposé des avancées théoriques et pratiques pour l'utilisation des coupes minimales. Cette structure est particulièrement intéressante pour segmenter des images à partir de critères de minimisation d'énergie. D'une part, nous avons montré que l'utilisation de graphes de régions d'une segmentation morphologique permet d'accélérer les méthodes à base de coupes minimales. D'autre part nous avons montré que l'utilisation de graphes de régions permet d'étendre la classe d'énergie pouvant être minimisée par coupe de graphes. Ces techniques ont toutes les caractéristiques pour devenir des méthodes de référence pour la segmentation d'images médicales.

Nous avons alors étudié qualitativement et quantitativement nos méthodes de segmentation à travers des applications médicales. Nous avons montré que nos méthodes sont pertinentes pour la détection de tumeurs pour la planification de radiothérapie, ainsi que la création de modèles pour la simulation et la planification de chirurgie cardiaque. Nous avons aussi mené une étude quantitative sur la segmentation de tumeurs du foie. Cette étude montre que nos algorithmes offrent des résultats plus stables et plus précis que de nombreuses techniques de l'état de l'art. Nos résultats ont finalement été comparés à des segmentations manuelles de radiologistes, prouvant que nos techniques sont adaptées à être utilisées en routine clinique.

Nous avons aussi revisité une méthode classique de segmentation d'images : la ligne de partages des eaux. La contribution de notre travail se situe dans la re-définition de cette transformation dans le cas des graphes et des images multi spectrales. Nous avons utilisé les algèbres de chemins pour montrer que la ligne de partages des eaux correspond à des cas particuliers de forêt des chemins les plus courts dans un graphe.

Finalement, nous proposons quelques extensions intéressantes du problème des coupes minimales. Ces extensions sont basées sur l'ajout de nouveaux types de contraintes. Nous considérons particulièrement les coupes minimales contraintes à inclure un ensemble prédéfini d'arrêtes, ainsi que les coupes minimales contraintes par leur cardinalité et leurs aires. Nous montrons comment ces problèmes peuvent être avantageusement utilisés pour la segmentation d'images.

Mot Clés : Segmentation d'Images, Graphes, Lignes de Partage des Eaux, Segmentation de Tumeurs, Programmation Linéaire.