

Segmentation de structures fines par apprentissage profond

Erwan Kerrien et Fabien Pierre

Avril 2020

1 Résumé du sujet

L'objectif de cette thèse est de mettre en place des méthodes de segmentation d'images par apprentissage profond pour des objets de taille fine, dans un contexte médical.

Les méthodes par apprentissage profond sont extrêmement performantes mais elles éprouvent des difficultés à segmenter des structures fines, objets dont au moins une dimension est négligeable par rapport aux autres. De plus, le contexte médical est souvent synonyme de données rares. Une analyse sera faite des limites de l'apprentissage profond dans ces conditions et des stratégies seront proposées pour les pallier. Ces travaux de thèse seront validés en les appliquant à la segmentation du diaphragme et des vaisseaux sanguins.

2 Proposition de sujet de thèse

Objectif et contexte scientifique Les structures fines sont des objets dont au moins une dimension est très petite par rapport aux autres. Elles sont donc difficilement préservées dans un contexte multiéchelle, et leur segmentation à partir d'images pose par conséquent des difficultés aux réseaux convolutionnels profonds [1, 2, 3]. Or la préservation de ces structures est justement un des fondements des méthodes variationnelles qui offrent ainsi une nouvelle piste pour améliorer la précision de ces réseaux [4].

L'objectif principal de cette thèse est de développer des méthodes pour la segmentation des structures fines qui tirent profit des hautes performances de l'apprentissage profond tout en améliorant la précision, sous le pixel, grâce à l'apport des méthodes variationnelles. Différents niveaux de couplage seront considérés, allant du post-traitement, à la conception de couches internes de pooling, en passant par un travail sur uniquement les dernières couches. Ces opérations pourront être intégrées ou non dans la phase d'apprentissage.

Ces travaux seront appliqués dans un contexte médical à des images 3D pour la segmentation du diaphragme (organe fin accolé aux poumons, 1 dimension petite) ainsi que des vaisseaux sanguins intracrâniens (2 dimensions petites). La segmentation du diaphragme a été considérée sous le point de vue des méthodes EDP [5] et n'a pas, à notre connaissance été abordée sous le point de vue de l'apprentissage profond. De même, les méthodes variationnelles [6, 7, 8, 9] ont inspiré de nombreux travaux en segmentation vasculaire. L'apprentissage profond a également investi ce domaine mais a principalement été appliqué à des images 2D [10] (vaisseaux de la rétine, angiographie par rayons X).

Les données annotées étant difficiles à obtenir dans un contexte médical, un deuxième objectif de cette thèse s'intéressera aux approches par patches afin de démultiplier la base d'apprentissage et aborder le problème en 3D.

Défis Le ou la candidat(e) s'appuiera sur des travaux récents réalisés dans l'équipe [11, 4], dont un stage de Master 2 sur la segmentation du diaphragme, et poursuivra trois objectifs :

- Recensement et analyse des méthodes d'apprentissage profond visant à améliorer la précision géométrique de la segmentation [1, 2, 3].
- Couplage d'un réseau de neurone convolutionnel profond avec une approche variationnelle préservant les structures fines.

- Validation sur des images médicales d’angiographie 3D et de scanner abdominal. La collaboration de long terme que nous entretenons avec le service de neuroradiologie interventionnelle diagnostique et thérapeutique du CHRU de Nancy [12] permet un accès privilégié aux données médicales.

3 Profil recherché

Le ou la candidat(e) devra être titulaire d’un diplôme d’ingénieur ou d’un Master 2 en mathématiques appliquées ou en informatique.

Nous recherchons une personne très motivée, avec une formation solide en mathématique (EDP), et/ou en informatique (vision par ordinateur). De solides bases en apprentissage automatique sont demandées, ainsi qu’une bonne maîtrise des plateformes d’apprentissage profond Keras, tensorflow et/ou PyTorch et de la programmation en Python en général. Un attrait pour la recherche pluridisciplinaire et notamment les aspects médicaux sera apprécié.

Références

- [1] O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox. U-net : Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention*, pages 234–241. Springer, 2015.
- [2] Liang-Chieh Chen, George Papandreou, Iasonas Kokkinos, Kevin Murphy, and Alan L Yuille. Deeplab : Semantic image segmentation with deep convolutional nets, atrous convolution, and fully connected CRFs. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 40(4) :834–848, 2017.
- [3] Liang-Chieh Chen, George Papandreou, Florian Schroff, and Hartwig Adam. Rethinking atrous convolution for semantic image segmentation. *arXiv preprint arXiv :1706.05587*, 2017.
- [4] Thomas Mouzon, Fabien Pierre, and Marie-Odile Berger. Joint CNN and variational model for fully-automatic image colorization. In *International Conference on Scale Space and Variational Methods in Computer Vision*, pages 535–546. Springer, 2019.
- [5] Rangaraj M Rangayyan, Randy H Vu, and Graham S Boag. Automatic delineation of the diaphragm in computed tomographic images. *Journal of digital imaging*, 21(1) :134–147, 2008.
- [6] Liana M Lorigo, Olivier Faugeras, W Eric L Grimson, Renaud Keriven, Ron Kikinis, and Carl-Fredrik Westin. Co-dimension 2 geodesic active contours for mra segmentation. In *Biennial International Conference on Information Processing in Medical Imaging*, pages 126–139. Springer, 1999.
- [7] Rodrigo Moreno, Chunliang Wang, and Örjan Smedby. Vessel wall segmentation using implicit models and total curvature penalizers. In *Scandinavian Conference on Image Analysis*, pages 299–308. Springer, 2013.
- [8] Laurent D Cohen and Thomas Deschamps. Segmentation of 3d tubular objects with adaptive front propagation and minimal tree extraction for 3d medical imaging. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 10(4) :289–305, 2007.
- [9] Wei Liao, Stefan Wörz, Chang-Ki Kang, Zang-Hee Cho, and Karl Rohr. Progressive minimal path method for segmentation of 2d and 3d line structures. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 40(3) :696–709, 2017.
- [10] Sara Moccia, Elena De Momi, Sara El Hadji, and Leonardo S Mattos. Blood vessel segmentation algorithms—review of methods, datasets and evaluation metrics. *Computer methods and programs in biomedicine*, 158 :71–91, 2018.
- [11] Erwan Kerrien, Ahmed Yureidini, Jeremie Dequidt, Christian Duriez, René Anxionnat, and Stéphane Cotin. Blood vessel modeling for interactive simulation of interventional neuroradiology procedures. *Medical image analysis*, 35 :685–698, 2017.
- [12] René Anxionnat, Marie-Odile Berger, and Erwan Kerrien. Time to go augmented in vascular interventional neuroradiology? In *Workshop on Augmented Environments for Computer-Assisted Interventions*, pages 3–8. Springer, 2012.