Inclusion de contraintes géométriques et topologiques dans un CNN pour la segmentation d'images médicales

Zoé LAMBERT, LMI - Rouen **Carole LE GUYADER**, LMI - Rouen
Caroline PETITJEAN, LITIS - Rouen

L'inclusion d'informations *a priori* dans une tâche de segmentation, qu'il s'agisse de contraintes topologiques telles que le nombre de composantes connexes, la convexité partielle de la frontière d'un objet, ou de prescriptions géométriques via par exemple la pénalisation du volume par des contraintes, s'avère critique lorsqu'on souhaite préserver les relations contextuelles entre les objets et obtenir une segmentation homéomorphe à un *a priori* connu.
Inspirée par cette observation, la contribution proposée vise à fournir un cadre hybride variationnel/apprentissage profond incluant des contraintes géométriques et topologiques dans l'apprentissage des réseaux de neurones convolutifs. Pour ce faire, nous interprétons le processus de segmentation comme une tâche de recalage entre la vérité terrain et l'image à étiqueter, basée sur des principes d'élasticité non linéaire.
L'application de conditions d'incompressibilité locale sur les paramètres de la déformation garantit la préservation du volume et de la topologie, sans auto-intersection de la matière.
Des résultats théoriques soulignant la solidité mathématique du modèle sont fournis, parmi lesquels l'existence de minimiseurs du problème de minimisation introduit, montrant en particulier que la déformation recherchée est un homéomorphisme, ainsi qu'une analyse d'un algorithme numérique approprié basé sur une stratégie de séparation et donnant des sous-problèmes qui admettent, pour la plupart, des solutions *closed form*.
Les expériences démontrent que notre méthode apporte des améliorations significatives par rapport aux approches non-contraintes existantes, à la fois en termes de critères quantitatifs tels que la mesure du chevauchement des régions et d'évaluation qualitative, en particulier lorsque les classes sont déséquilibrées.

Contact : `zoe.lambert@insa-rouen.fr`