

Titre du projet. Apprentissage pour la suggestion interactive de marqueurs en segmentation d'images supervisée

Titre court. Apprentissage pour la supervision interactive en vision par ordinateur

Laboratoire d'accueil. Laboratoire d'Informatique Gaspard-Monge (LIGM)

Site web du laboratoire d'accueil : <http://ligm.u-pem.fr/accueil/>

Suiveur. Jean COUSTY : j.cousty@esiee.fr

Equipe de recherche. Benjamin PERRET - Romain NEGREL - Gabriel BARBOSA DA FONSECA - Silvio GUIMARAES

Filières visées. informatique; data science et intelligence artificielle

Equipe d'accueil.

L'étudiant sélectionné sera intégré au LIGM, une unité mixte de recherche portée par le CNRS et l'Université Gustave-Eiffel, leader dans son domaine de spécialité incluant l'algorithmique et le traitement d'images. Le LIGM est membre du Labex Bézout qui est un centre de recherche de top niveau international au carrefour entre les mathématiques et l'informatique. Notre équipe a acquis une expertise reconnue mondialement dans la définition de nouvelles méthodes hiérarchiques pour l'analyse de graphes permettant de résoudre en particulier des problèmes d'analyse d'images et de vision par ordinateur.

Ce projet est développé dans le cadre du doctorat de Gabriel BARBOSA DA FONSECA. Il s'agit d'une thèse en co-tutelle franco-brésilienne, Gabriel travaillant actuellement en France. Il s'inscrit dans le projet Franco-Brésilien "Hierarchical Graph-based Analysis of Image, Video and Multimedia Data HIMMD" copiloté par ESIEE Paris.

Présentation générale du projet de recherche.

Le récent essor de l'apprentissage par réseaux de neurones profonds constitue une avancée disruptive en vision par ordinateur [1] permettant de résoudre efficacement de nombreux problèmes comme la détection d'objets (une image contient-elle oui ou non une instance d'une classe donnée - exemple : une image contient-elle un visage ?) et de leur localisation (localiser spatialement dans une image des "boîtes englobantes" contenant les instances de la classe recherchée). En revanche, le problème général de la segmentation d'images reste difficile malgré les améliorations significatives apportées par l'apprentissage profond. Segmenter un objet dans une image consiste à identifier les pixels qui correspondent à une instance de la classe recherchée : chaque pixel de l'image doit alors être classifié (appartient-il oui ou non à l'objet recherché) et la réponse du classifieur doit être spatialement cohérente. Dans de nombreux cas, une supervision par l'utilisateur reste nécessaire pour chaque image. Pour cela, une forme de supervision efficace consiste à fournir à l'algorithme des exemples de pixels de l'image qui appartiennent à l'objet recherché et des exemples de pixels qui ne lui appartiennent pas. Ces exemples sont appelés des marqueurs et ils sont fournis au moyen d'interfaces graphiques dédiées (voir Figure 1). En général, une procédure interactive permet à l'utilisateur de "raffiner" ou d'éditer les marqueurs jusqu'à obtenir un résultat de segmentation satisfaisant [2,3]. Il existe de

nombreuses techniques de segmentation marquée reposant notamment sur des algorithmes d'optimisation dans les graphes [4]. Ces techniques intègrent des phases d'apprentissage de contours et d'attributs régionaux réalisés selon des modèles d'apprentissage machine ou profond [5].

Interactive segmentation with morphological hierarchies

[Read more](#)



Figure 1 - Segmentation supervisée (capture d'écran de [6]) - À gauche : image originale et marqueurs (vert et rouge) tracés manuellement ; à droite : résultat de la segmentation.

L'objectif de ce projet est de proposer, d'étudier et d'entraîner des algorithmes pour aider l'utilisateur durant une procédure de segmentation interactive en suggérant itérativement des marqueurs. Pour cela, les marqueurs suggérés par l'algorithme doivent :

1. être facilement éditables par l'utilisateur qui peut choisir de les refuser ou de les accepter partiellement ou complètement ; et
2. permettre de maximiser le gain de qualité lorsque ces marqueurs sont utilisés en entrée de la méthode de segmentation supervisée choisie.

De plus, comme l'algorithme de suggestion est utilisé dans une procédure itérative, il doit être capable d'ajuster sa réponse en fonction des interactions précédentes avec l'utilisateur. Le problème de l'apprentissage de marqueurs pour la segmentation est étudié dans la littérature du domaine (voir par exemple [7]) mais, à notre connaissance, la boucle d'interaction entre le modèle d'apprentissage et l'utilisateur n'a pas (ou peu) été prise en compte jusqu'alors.

Dans ce projet, nous considérons avec attention les procédures de segmentation marquée qui s'appuient sur des hiérarchies de partitions en morphologie mathématique [3]. Ces méthodes possèdent de bonnes propriétés théoriques offrant des garanties d'efficacité et de robustesse, et ont été employées avec succès dans de nombreuses applications notamment dans le domaine du multimédia, de la vision par ordinateur, de la télédétection et de l'imagerie médicale et biologique. De plus ces méthodes ont l'avantage d'être simples, rapides et intuitives pour la phase d'interaction avec l'utilisateur et d'être compatibles avec les modèles d'apprentissages profonds [8], permettant dans certains cas d'effectuer un

apprentissage de bout-en-bout. Nous visons à la fois des avancées méthodologiques, théoriques, et expérimentales. Du point de vue méthodologique, nous sommes attentifs à la justification de nos méthodes (preuves de programme, convergence des algorithmes d'optimisation, analyse de complexité de calcul). Du côté expérimental, une contribution possible serait l'intégration d'un module de suggestion de marqueurs dans le logiciel [6] et une comparaison quantitative et qualitative avec les méthodes d'apprentissage de marqueurs ne prenant pas en compte la boucle d'interaction avec l'utilisateur.

Compétences souhaitées et/ou développées au cours du projet.

- Analyse d'images
- Algorithmes de graphes
- Programmation
- Bases de l'apprentissage machine et profond

Partenaire international envisagé pour la poursuite en stage.

- Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas, Belo Horizonte, Brésil
- Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, Brésil
- Uppsala University, Suède

Bibliographie succincte.

- [1] Farabet, C., Couprie, C., Najman, L., and LeCun, Y. (2012). Learning hierarchical features for scene labeling. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 35(8), 1915-1929.
- [2] Falcão, A. X., & Bergo, F. P. (2004). Interactive volume segmentation with differential image foresting transforms. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 23(9), 1100-1108.
- [3] Perret, B., Cousty, J., Ura, J. C. R., & Guimarães, S. J. F. (2015, May). Evaluation of morphological hierarchies for supervised segmentation. In *International Symposium on Mathematical Morphology and Its Applications to Signal and Image Processing* (pp. 39-50). Springer, Cham.
- [4] Couprie, C., Grady, L., Najman, L., & Talbot, H. (2010). Power watershed: A unifying graph-based optimization framework. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 33(7), 1384-1399.
- [5] Maninis, K. K., Pont-Tuset, J., Arbeláez, P., and Van Gool, L. (2017). Convolutional oriented boundaries: From image segmentation to high-level tasks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 40(4), 819-833.
- [6] Interactive segmentation with morphological hierarchies, logiciel web : <https://perso.esiee.fr/~perretb/lSeg/#>
- [7] Wang, G., Li, W., Zuluaga, M. A., Pratt, R., Patel, P. A., Aertsen, M., ... & Vercauteren, T. (2018). Interactive medical image segmentation using deep learning with image-specific fine tuning. *IEEE transactions on medical imaging*, 37(7), 1562-1573.
- [8] Chierchia, G., and Perret, B. (2019). Ultrametric fitting by gradient descent. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 3175-3186).