

Poste de post-doctorat, région ARA

Définition de l'offre

Chercheur : Segmentation 3D du ventricule gauche en ciné-IRM par apprentissage profond guidé par modèles géométriques paramétriques

Nature de l'offre

Type de contrat : Chercheur en contrat CDD

Métier : Sciences de l'Information : traitements, systèmes intégrés matériel-logiciel

Unité : Institut Pascal UMR 6602 - UCA/CNRS

Directeur : Evelyne Gil

Encadrants : Laurent Sarry (Institut Pascal, PU UCA), Patrick Clarysse (CREATIS, DR CNRS)

Lieu d'accueil : axe TGI, équipe CaVITI, Faculté de Médecine, BP 38, 63001, Clermont-Ferrand

Contact : laurent.sarry@uca.fr, patrick.clarysse@creatis.insa-lyon.fr

Mission :

Le projet de post-doc concerne la mise au point d'outils de segmentation d'images de ciné IRM permettant de faciliter l'estimation de la fonction myocardique 3D. Le ciné IRM est devenu la modalité de référence en termes de précision et de reproductibilité pour l'estimation des caractéristiques anatomiques du myocarde (volume, masse, épaisseur...), ainsi que pour la fonction globale (fraction d'éjection ventriculaire). Nous avons proposé dans le cadre du projet ANR 3DStrain (2011-2015) un nouveau formalisme variationnel d'estimation de la fonction régionale (*strain*), consistant à calculer un champ dense de déformation en chaque point du myocarde. Cette estimation reste cependant dépendante de la qualité de la segmentation des parois endocardique et épiscopardique que nous avons alors gérée grâce à des modèles déformables B-spline.

Les méthodes de segmentation sémantique par apprentissage profond ont depuis montré de très bonnes performances, que ce soit en 2D ou en 3D sur ce type de données. Nous l'avons confirmé récemment en entraînant des modèles de réseaux de neurones profonds U-Net 2D et 3D sur notre propre base de données de ciné IRM 3T dont environ 200 volumes endo et épiscopardiques du ventricule gauche (VG) ont été expertisés (ce qui correspond à plus de 2000 coupes).

Cependant les modèles standard n'assurent pas d'obtenir une segmentation plausible d'un point de vue anatomique, car il n'intègre aucune contrainte géométrique ou topologique de forme. La figure suivante illustre par exemple la difficulté à segmenter convenablement les coupes IRM au niveau basal :



Coupe ciné IRM basale (gauche), vérité terrain pour l'endocarpe (centre), et segmentation prédite par U-Net 3D (droite).

L'objectif principal du projet est donc d'intégrer au formalisme d'apprentissage profond une contrainte sous la forme de modèles géométriques. Ces modèles devront réaliser un compromis en termes de degrés de liberté pour représenter la variabilité anatomique des parois myocardiques tout en contraignant suffisamment la prédiction finale.

Un autre avantage de ces modèles sera de pouvoir corriger de façon interactive la segmentation prédite. En effet, la correction a posteriori d'une segmentation réalisée au niveau pixel / voxel reste très chronophage, en particulier en imagerie dynamique. Si la prédiction produit directement un modèle paramétrique modifiable interactivement, cela facilite la correction du résultat.

Activités :

La méthodologie consiste donc à remplacer la structure encodeur / décodeur des réseaux de segmentation sémantique par une structure encodeur / FCN permettant la régression des paramètres du modèle géométrique choisi. Le modèle géométrique, représentant la surface endocardique ou épicaudique du VG, doit être modifiable localement, ce qui oriente naturellement vers les contours B-spline en 2D et vers les surfaces B-spline produit tensoriel en 3D. Plutôt que d'utiliser les points de contrôle comme paramètres, on étudiera la possibilité de les remplacer par les points nodaux qui présentent l'avantage d'appartenir au contour ou à la surface et donc d'être plus facilement modifiables a posteriori. Les B-splines présentent également l'avantage de pouvoir passer des paramètres aux points échantillonnés sous une forme tensorielle compatible avec les frameworks comme TensorFlow ou PyTorch pour bénéficier des accélérations matérielles GPU ou TPU.

Du fait de la géométrie particulière du VG, il est possible de simplifier le modèle avec une unique B-spline de la distance radiale au grand axe du ventricule gauche, plutôt que de considérer une B-spline par coordonnée. Cette représentation simplifiée suppose d'être capable de normaliser l'orientation des acquisitions autour de leur grand axe.

Les activités du post-doctorant recruté suivront une approche incrémentale de complexité croissante, avec des livrables résultant de l'apprentissage du réseau et de segmentations prédites sur la même base de test à chaque étape :

1. Normalisation des images en 2D et 3D. En clinique, c'est le point d'insertion du ventricule droit sur le ventricule gauche qui sert de référence angulaire. On envisagera à la fois une réorientation manuelle et une réorientation automatique des images par apprentissage.
2. Mise au point du modèle de régression en 2D pour une segmentation coupe à coupe. La principale difficulté réside dans la fonction de perte qui sera sensiblement différente de celles utilisées habituellement en segmentation sémantique qui comparent les classifications théorique et prédite. En effet, elle consistera en la distance entre le contour échantillonné prédit et le contour de la vérité terrain, ce qui a plus de sens qu'une mesure surfacique.
3. Mise au point du modèle de régression en 3D. La fonction de perte sera identique au cas 2D, la difficulté principale sera de construire le modèle de surface B-spline et de l'implémenter sous forme tensorielle.
4. En ciné IRM, les différentes coupes d'un même volume sont acquises sur des apnées distinctes. Il en résulte des décalages éventuels entre coupes qui créent des discontinuités du volume. On étudiera la possibilité d'intégrer au modèle de réseau 3D précédent un Spatial Transformer Network permettant d'apprendre la variabilité des acquisitions sous la forme d'un ensemble de translations entre coupes.

Compétences attendues :

Nous recherchons un docteur en analyse de données et apprentissage par ordinateur avec si possible les compétences suivantes :

- *Scientifiques* : expérience en apprentissage par ordinateur et en particulier en apprentissage profond (classification et régression), applications à l'analyse d'images



- *Informatiques* : programmation Python / C++ avec une expérience des frameworks d'apprentissage machine (TensorFlow / PyTorch)

Contexte du travail :

Le travail sera réalisé à l'Institut Pascal (<http://www.institutpascal.uca.fr/>) sur le site de la Faculté de Médecine de Clermont-Ferrand, en interaction avec l'équipe MYRIAD du laboratoire CREATIS. Plusieurs séjours sont prévus à Lyon pour matérialiser cette collaboration entre les deux laboratoires.

Durée du contrat (en mois) : 12

Quotité du travail : Temps complet

Date D'embauche : 1 mois et demi après acceptation de la candidature

Diplôme souhaité : doctorat

Expérience souhaitée : 1 à 4 années

Rémunération indicative : 2900€ bruts / mois

Précision sur l'origine des crédits : Labex [PRIMES](#)

Postdoctoral position, ARA region

Job definition

Research scientist: cine-MRI 3D segmentation of the left ventricle using Deep Learning guided by geometric parametric models

Job nature

Contract type: Researcher on a fixed-term contract

Job type: Information sciences: processing, hardware-software integrated systems

Lab: Institut Pascal UMR 6602 - UCA/CNRS

Head: Evelyne Gil

Supervisors: Laurent Sarry (Institut Pascal, PU UCA), Patrick Clarysse (CREATIS, DR CNRS)

Location: axe TGI, équipe CaVITI, Faculté de Médecine, BP 38, 63001, Clermont-Ferrand

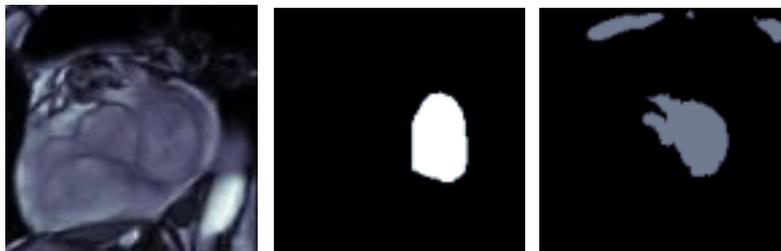
Contact: laurent.sarry@uca.fr, patrick.clarysse@creatis.insa-lyon.fr

Context:

The post-doc project concerns the development of segmentation tools for cine MRI images to facilitate the estimation of 3D myocardial function. Cine MRI has become the reference modality in terms of accuracy and reproducibility for the estimation of myocardial anatomical features (volume, mass, thickening...), as well as for global function (ventricular ejection fraction). In the context of the ANR 3DStrain project (2011-2015), we have proposed a new variational formalism for the estimation of the regional function (strain), consisting in computing a dense field of deformation at each point of the myocardium. However, this estimation remains dependent on the quality of the segmentation of the endocardial and epicardial walls, which we then managed using deformable B-spline models.

The semantic segmentation methods by Deep Learning have shown very good performances, both in 2D and 3D on this type of data. We have recently confirmed this by training 2D and 3D U-Net Deep Neural Network models on our own 3T cine MRI database of which about 200 endo and epicardial volumes of the left ventricle (LV) have been manually delineated (corresponding to more than 2000 slices).

However, the standard models do not ensure an anatomically plausible segmentation, because they do not incorporate any geometric or topological shape constraints. For example, the following figure illustrates the difficulty of accurately segmenting MRI slices at the basal level:



Basal cine MRI slice (left), endocardium ground truth (middle), segmentation predicted with 3-D U-Net (right).

The main objective of the project is therefore to integrate a constraint in the form of geometric models into the Deep Learning framework. These models will have to make a compromise in terms of degrees of freedom to represent the anatomical variability of the myocardial walls, while sufficiently constraining the final prediction.

Another advantage of these models will be the ability to interactively correct the predicted segmentation. Indeed, the a posteriori correction of a segmentation performed at the pixel/voxel level remains very time consuming, in particular in dynamic imaging. If the prediction directly produces a parametric model that can be modified interactively, this facilitates the correction of the result.

Tasks:

The methodology consists in replacing the encoder/decoder structure of the semantic segmentation networks by an encoder/FCN structure allowing the regression of the parameters of the chosen geometric model. The geometric model, representing the endocardial or epicardial surface of the LV, must be locally deformable, which leads to B-spline contours in 2D and to tensor product B-spline surfaces in 3D. Rather than using the control points as parameters, we will study the possibility of replacing them by the nodal points which have the advantage of belonging to the contour or the surface and thus being more easily editable a posteriori. B-splines also have the advantage of being able to compute sampled points from parameters in a tensor formalism, compatible with frameworks such as TensorFlow or PyTorch in order to benefit from GPU or TPU hardware accelerations.

Because of the particular geometry of the LV, it is possible to simplify the model with a single B-spline of the radial distance to the major axis of the left ventricle, rather than considering one B-spline per coordinate. This simplified representation assumes the ability to normalize the orientation of the acquisitions around the major axis.

The activities of the recruited post-doc will follow an incremental approach of increasing complexity, with deliverables resulting from network learning and predicted segmentation on the same test basis at each step:

1. Normalization of 2D and 3D images. In clinical practice, the point of insertion of the right ventricle on the left ventricle is used as angular reference. Both manual and automatic image reorientation by learning will be considered.
2. Development of the 2D regression model for slice-by-slice segmentation. The main contribution lies in the loss function which will be significantly different from those usually used in semantic segmentation which compare the theoretical and predicted classifications. Indeed, it will consist of the distance between the predicted sampled contour and the ground truth contour, which is more meaningful than a surface measure.
3. Development of the 3D regression model. The loss function will be identical to the 2D case, the main difficulty will be to build the B-spline surface model and to implement it in tensor form.
4. In cine MRI, the different slices of the same volume are acquired on distinct apneas. This results in possible shifts between slices that create volume discontinuities. We will study the possibility of integrating a Spatial Transformer Network into the previous 3D network model, allowing the variability of the acquisitions to be learned in the form of a set of translations between slices.

Expected skills:

We are looking for a PhD in data analysis and machine learning with the following skills if possible:

- experience in Machine Learning and in particular in Deep Learning (classification and regression), application to image analysis
- Python / C++ programming with experience in Machine Learning frameworks (TensorFlow / PyTorch)

Work environment:

The work will be carried out at the Institut Pascal (<http://www.institutpascal.uca.fr/>) on the site of the Faculty of Medicine of Clermont-Ferrand, in interaction with the MYRIAD team of the CREATIS



laboratory. Several stays are planned in Lyon to materialize this collaboration between the two laboratories.

Contract duration: 12 months

Workload: full time

Hiring date: 1.5 months after acceptance of the application

Expected diploma: PhD

Desired experience: 1 to 4 years

Indicative salary: 2900€ gross / month

Founder: Labex [PRIMES](#)