
Sujet de thèse - campagne 2020

Laboratoire : Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR)

Etablissement de rattachement : Sorbonne Université

Titre de la thèse : **IA statistique et symbolique (deep learning, ontologies et approches mixtes) pour l'aide à la pratique de la médecine fœtale**

Directeur de thèse : Kévin BAILLY

Mail de contact : kevin.bailly@sorbonne-universite.fr

Codirection éventuelle : Ferdinand DHOMBRES

Collaborations dans le cadre de la thèse : Laboratoire d'Informatique Médicale et d'Ingénierie des Connaissances pour la e-Santé (LIMICS)

Rattachement à un programme : EIT Health SUOG (Smart Ultrasound in Obstetrics and Gynecology)

Cotutelle envisagée :

Si oui avec quelle université & quel laboratoire :

Le sujet peut-il être publié sur le site web de l'ED SMAER : oui

Résumé du sujet :

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet européen EIT Health SUOG (Smart Ultrasound in Obstetrics and Gynecology) dont l'objectif est de développer la nouvelle génération d'assistant intelligent pour l'aide au diagnostic échographique pendant la grossesse. Cet outil fournit à l'échographiste, en temps réel et en cours d'examen, une assistance pour interpréter des images inhabituelles et l'orienter vers l'acquisition de nouvelles images afin de porter un diagnostic.

L'objectif scientifique de cette thèse est d'étudier la contribution respective des différentes approches (symboliques et non symboliques) et leur synergie dans le contexte d'une assistance à la pratique médicale. Dans un premier temps de la thèse, le candidat étudiera séparément l'apport des méthodes symboliques (raisonnement sur les ontologies) et non symboliques (mesure de similarité visuelle entre l'image observée par l'échographiste et des images d'une base de données de référence par des méthodes d'apprentissage statistiques telles que le deep learning) pour l'aide au diagnostic. Sur la base de ces résultats préliminaires et de l'étude de la littérature du domaine, le candidat étudiera et

ED SMAER (ED391)

Tour 45-46 Bureau 205- case courrier 270- 4, place Jussieu - 75252 PARIS Cedex 05

☎ : 01 44 27 40 71

charlotte.vallin@sorbonne-universite.fr

Sujet de thèse 20

Sujet développé

Contexte de la recherche

Smart Ultrasound in Obstetrics and Gynecology (SUOG) est un projet européen financé par l'EIT-Health programme Innovation et porté par Sorbonne Université. Ce projet rassemble des partenaires académiques (Sorbonne Université, INSERM), hospitaliers (APHP, HCL, UCLH, VHUH, CHU Brugmann) et industriels (GE Healthcare).

L'objectif de ce projet est de développer la nouvelle génération d'assistant intelligent pour l'aide au diagnostic échographique pendant la grossesse.

Cet outil unique fournit à l'échographiste, en temps réel et en cours d'examen, une assistance pour l'interprétation des images inhabituelles et l'orienter vers l'acquisition de nouvelles images afin de porter un diagnostic¹. L'assistant SUOG fournit des conseils intelligents itératifs (ce qui est pertinent à rechercher, sur la base des résultats normaux et anormaux précédents et de l'hypothèse diagnostique) et affiche des images fœtales validées par des experts et pertinentes pour appliquer les conseils fournis^{1,2}.

SUOG intègre différentes formes d'intelligence artificielle : d'une part un raisonnement sémantique sur une base de connaissances³ (raisonnement symbolique sur des représentations ontologiques représentant les maladies rares accessibles au diagnostic échographique prénatal), d'autre part un apprentissage automatique permettant une analyse et des mesures de similarité entre images échographiques observées et présentes dans une base de référence^{4,5}, et enfin des approches d'IA combinées⁶⁻⁸.

Objectif de la recherche

Différentes approches en intelligence artificielle sont appliquées dans le cadre de ce projet, afin de proposer une assistance à l'échographiste : d'une part des approches symboliques, mimant le raisonnement médical dans le contexte de la médecine fœtale, fondées sur les ontologies (base de connaissance construite par des experts internationaux, modélisations sémantiques) et d'autre part des approches non symboliques fondées sur l'apprentissage et l'analyse d'image (machine learning, deep learning)^{9,10}.

L'objectif de la recherche est alors d'étudier la contribution respective des différentes approches (symboliques et non symboliques) et leur synergie dans le contexte d'une assistance à la pratique médicale¹¹. Dans un premier temps de la thèse, le candidat étudiera séparément l'apport des méthodes symboliques (raisonnement sur les ontologies) et non symboliques (mesure de similarité visuelle entre l'image observée par l'échographiste et des images d'une base de données de référence) pour l'aide au diagnostic. Dans un second temps, le candidat étudiera et proposera de nouvelles méthodes de raisonnement visuel (visual reasoning) permettant de combiner les forces et spécificités des deux types d'approches. Des modèles similaires ont déjà été proposés avec succès dans d'autres tâches d'analyse d'image telles que le VQA (Visual Question Answering)^{6,7}.

Cette contribution sera notamment mise en perspective par la singularité de l'exercice de la médecine fœtale (complexité des diagnostics mettant en jeu des connaissances sur les maladies rares)¹², la fiabilité des résultats des différentes approches (impliquant la notion de responsabilité médicale)^{13,15} et leurs capacités de maintenance dans le temps (avec l'évolution des connaissances médicales).

Cette thèse sera encadrée par F. Dhombres (médecin spécialiste en imagerie fœtale et chercheur en IA symbolique pour les systèmes d'aide à la décision médicale) et K. Bailly (enseignant chercheur spécialisé en vision par ordinateur et apprentissage statistique). Le candidat pourra également s'appuyer sur les compétences d'un chercheur postdoctoral recruté sur le projet qui participera à la constitution de l'ontologie ainsi que sur l'expertise des partenaires du projet et

Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

notamment l'équipe de GE Healthcare spécialisée dans l'analyse d'image échographique. Ce travail s'appuiera sur les données et modèles développés dans le cadre du projet SUOG.

Références

1. Dhombres F, Maurice P, Guilbaud L, Franchinard L, Dias B, Charlet J, et al. A Novel Intelligent Scan Assistant System for Early Pregnancy Diagnosis by Ultrasound: Clinical Decision Support System Evaluation Study. *J Med Internet Res*. 2019;21(7):e14286.
2. Dhombres F, Maurice P, Friszer S, Guilbaud L, Lelong N, Khoshnood B, et al. "Developing a knowledge base to support the annotation of ultrasound images of ectopic pregnancy." *J Biomed Semantics*. 2017;8(1):4.
3. Dhombres F, Charlet J. "As Ontologies Reach Maturity, Artificial Intelligence Starts Being Fully Efficient: Findings from the Section on Knowledge Representation and Management for the Yearbook 2018." *Yearb Med Inform*. 2018;27(1):140-5.
4. Akkus, Z., J. Cai, A. Boonrod, A. Zeinodini, A. D. Weston, K. A. Philbrick, and B. J. Erickson. "A Survey of Deep-Learning Applications in Ultrasound: Artificial Intelligence-Powered Ultrasound for Improving Clinical Workflow." *J Am Coll Radiol* 16, no. 9 Pt B (Sep 2019): 1318-28.
5. Baumgartner, C. F., K. Kamnitsas, J. Matthew, T. P. Fletcher, S. Smith, L. M. Koch, B. Kainz, and D. Rueckert. "Sononet: Real-Time Detection and Localisation of Fetal Standard Scan Planes in Freehand Ultrasound." *IEEE Trans Med Imaging* 36, no. 11 (Nov 2017): 2204-15.
6. Hudson, D., Manning, C. D. "Learning by abstraction: The neural state machine". In *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2019)*
7. Johnson, J. Hariharan, B. van der Maaten, L. Fei-Fei, L. Zitnick C. L. and Girshick, R. "CLEVR: A Diagnostic Dataset for Compositional Language and Elementary Visual Reasoning," *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2019)*
8. Dhombres F, Charlet J. "Formal Medical Knowledge Representation Supports Deep Learning Algorithms, Bioinformatics Pipelines, Genomics Data Analysis, and Big Data Processes." *Yearb Med Inform* 28, no. 1 (Aug 2019): 152-55.
9. Dapogny, A., Bailly, K., & Cord, M. (2019). DeCaFA: Deep Convolutional Cascade for Face Alignment In The Wild. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision* (pp. 6893-6901).
10. Arnaud, E., Dapogny, A., & Bailly, K. (2019). Tree-gated Deep Mixture-of-Experts For Pose-robust Face Alignment. *IEEE Transactions on Biometrics, Behavior, and Identity Science*.
11. Shortliffe, E. H., and M. J. Sepulveda. "Clinical Decision Support in the Era of Artificial Intelligence." *JAMA* (Nov 5 2018).
12. Rath, A., A. Olry, F. Dhombres, M. M. Brandt, B. Urbero, and S. Ayme. "Representation of Rare Diseases in Health Information Systems: The Orphanet Approach to Serve a Wide Range of End Users." *Hum Mutat* 33, no. 5 (May 2012): 803-8.
13. Jaremko, J. L., M. Azar, R. Bromwich, A. Lum, L. H. Alicia Cheong, M. Gibert, F. Laviolette, et al. "Canadian Association of Radiologists White Paper on Ethical and Legal Issues Related to Artificial Intelligence in Radiology." *Can Assoc Radiol J* 70, no. 2 (May 2019): 107-18.
14. Price, W. N., 2nd, S. Gerke, and I. G. Cohen. "Potential Liability for Physicians Using Artificial Intelligence." *JAMA* (Oct 4 2019).
15. Liu, Xiaoxuan, Livia Faes, Aditya U. Kale, Siegfried K. Wagner, Dun Jack Fu, Alice Bruynseels, Thushika Mahendiran, et al. "A Comparison of Deep Learning Performance against Health-Care Professionals in Detecting Diseases from Medical Imaging: A Systematic Review and Meta-Analysis." *The Lancet Digital Health* 1, no. 6 (2019/10/01/ 2019): e271-e97.