INSTITUT DES SYSTÈMES INTELLIGENTS ET DE ROBOTIQUE
OFFRE DE STAGE

Fiche de stage

Sujet du stage : Deep learning pour l'analyse automatique de l'interaction acoustique enfant-thérapeute dans des contextes cliniques non contraints

Encadrant·e : David Cohen - Professeur, AP-HP Département de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent; ISIR Sorbonne Université / Mohamed Chetouani - Professeur, ISIR Sorbonne Université

Co-encadrant·e : Giulio Bertamini - Postdoc, AP-HP Département de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent; ISIR, Sorbonne Université

Date de début du stage : Avril 2023

Durée du stage : 3 à 4 mois

Niveau d'études souhaité : Master 1 ou équivalent

Laboratoire d'accueil : ISIR (*Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique*), Campus Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 75005 Paris / APHP Pitié-Salpêtrière, Département de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent, 47-83 Boulevard de l'Hôpital, 75013, Paris

Personne à contacter

Prénom Nom : Mohamed Chetouani
Tél : +33 01 44 27 63 08
Email : mohamed.chetouani@sorbonne-universite.fr | giulio.bertamini@unitn.it
Envoyer votre candidature par mail, avec [*sujet du stage*] en objet, un CV et une lettre de motivation.

Date limite de dépôt de la candidature : 31 janvier 2023

Description du stage (en français)

Résumé :

Ce stage vise à développer une solution technique innovante dans le cadre de l'intervention clinique chez les enfants préscolaires autistes et, plus généralement, dans les contextes cliniques.
Le projet a pour but de développer un système d'intelligence artificielle, complètement non-invasif permettant l'analyse automatique et quantitative des données relatives à l'interaction enfant-therapeut dans un échantillon longitudinal pour évaluer l'impact des aspects interpersonnels sur les trajectoires de réponse au traitement. Le projet est en collaboration avec l'Université de Trento (Italie) et se situe dans un cadre des compétences multidisciplinaires entre les aspects cliniques et computationnelles. Il s'agit de la validation et de la mise en place des réseaux neuraux artificielles travaillant sur les spectrogrammes de l'interaction entre enfant et clinicien pour l'application des

algorithmes pour mesurer la synchronie et intégrer des features de l'interaction dans des modèles prédictifs longitudinaux de la trajectoire de réponse.

Dans la recherche sur l'Autisme les aspects quantitatifs sont fondamentaux pour développer des méthodes d'intervention basées sur l'évidence scientifique et pour développer des traitements personnalisés [1,2]. En fait, la recherche scientifique a montré qu'il y a une variabilité interindividuelle importante au niveau de l'efficacité des différents modèles d'intervention. Dans ce cadre, les aspects liés aux mécanismes de changement et, en général, aux médiateurs de la réponse, sont sous-investigués principalement à cause de l'absence des instruments dédiés qui en permettant l'étude quantitative [3,4]. Dans la recherche développementale avec les enfants, et surtout dans le contextes cliniques, les méthodologies observationnelles sont l'instrument d'investigation principal [5]. Par contre, ce type de recherche nécessite beaucoup de travail humain, notamment pour annoter les données avant de pouvoir faire des analyses statistiques ou utiliser des techniques computationnelles. Souvent, ces limitations empêchent l'utilisation de ces méthodes dans les contextes cliniques, spécialement dans la santé publique [6]. Le projet a comme objectif de réduire l'écart entre la recherche et la pratique clinique en automatisant l'annotation des données dans le domaine acoustique. Un premier système d'intelligence artificielle a été validé avec des résultats prometteurs. Le système est basé sur une architecture siamese qui travaille sur des spectrogrammes pour apprendre des similarités entre des segments acoustiques en termes de (1) présence de la voix humaine et (2) différencier-les entre enfant et clinicien. Le projet vise à affiner la phase de validation et l'utiliser sur un échantillon clinique des enfants préscolaires autistes suivis dans un centre de recherche clinique à l'Université de Trento (Italie) et faisant un intervention naturalistic developmental et comportemental. Le deuxième objectif sera l'utilisation des algorithmes pour mesurer la synchronie interpersonnelle et la prosodie de la communication en relation à la réponse à l'intervention [7].

Le stage se concentre sur des méthodologies d'intelligence artificielle avec des modèles de deep learning, en particulier avec l'utilisation des réseaux neuraux convolutifs en travaillant sur des spectrogrammes des signaux acoustiques extraits par des contextes cliniques avec bruit des données élevé. Des techniques state-of-the-art dans le domaine seront utilisées, comme l'auto-attention et les architectures transformers, en plus des modèles siamois. Les variables de l'interaction seront ensuite intégrées dans des modèles de régression linéaire pour prédire les trajectoires de réponse au traitement de façon longitudinale.

Objectifs du stage :

1) Validation et raffinement du système d'intelligence artificielle siamois

2) Mise en place de méthodes d'analyse automatique quantitatives sur un échantillon clinique longitudinal pour évaluer l'interaction social enfant-thérapeute en termes de synchronie interpersonnelle, prosodie et communication émotionnelle.

3) Utilisation des features de l'interaction dans des modèles prédictifs de la réponse à l'intervention

Profil recherché :

Etudiant.e en Master 1 (ou équivalent école d'ingénieur)
Spécialité Sciences du calcul et des données / Sciences Cognitives / Informatique / Robotique

Compétences requises :

Machine Learning
Deep Learning
Modèles prédictifs
Statistique
Traitement du signal
Programmation (Python)
Anglais

Compétences souhaitées :

Intérêt pour le traitement des signaux sociaux
Intérêt pour les aspects de recherche multidisciplinaire et clinique
Intérêt pour la médecine de précision

Description du stage (en anglais)

Subject : Deep learning for the automated analysis of the child-clinician acoustic interaction in unconstrained clinical contexts

Abstract:

This stage aims at developing an innovative technical solution in the framework of Autism treatment for preschool children and, more in general, in clinical contexts.
The project objective is the implementation of a completely non-invasive artificial intelligence system to automate the quantitative analysis of the child-clinician interaction in a longitudinal sample to evaluate the impact of interpersonal aspects on treatment response trajectories. The project is in collaboration with the University of Trento (Italy) to develop multidisciplinary approaches between clinical and computational aspects. It focuses on the validation and the setting up of an artificial neural network working on spectrograms of the acoustic interaction to eventually apply algorithms to quantify dyadic interpersonal synchrony to extract features that will be integrated in outcome predictive models.
Quantitative aspects are fundamental in clinical research to develop evidence-based personalized treatments [1,2]. In fact, research on efficacy showed a high level of inter-individual response variability. In this context, predictors, moderators, mediators, and mechanisms of change remain under-investigated mainly due to the lack of specific instruments that enable quantitative

investigation [3,4]. In developmental research, and even more in clinical contexts, observational methods represent the main approach [5]. However, observational techniques are labor-intensive, time-consuming and require a lot of human work, mainly with respect to data annotation, that enable the employment of statistical analysis of computational techniques. Often, these limitations prevent quantitative investigation in clinical context, especially in public health [6]. The project has the objective to narrow the gap between research and clinical practice by automatizing data annotation in the acoustic domain. A first AI system was validated with promising results. The system is based on a siamese architecture trained on acoustic spectrograms to learn similarities between audio segments in terms of (1) presence of human voice and (2) diarization between child and clinician voices. The project aims at refining the validation phase and to employ the system on a longitudinal clinical sample of preschool autistic children exposed to early naturalistic developmental behavioral intervention at a research and clinical center of the University of Trento (Italy). The second objective concerns the employment of algorithms to measure interpersonal synchrony and prosody of communication and to evaluate the impact of interaction features on treatment response [7]. The stage focuses on artificial intelligence and deep learning, in particular the exploitation of convolutional neural networks trained on spectrograms for acoustic computing in unconstrained clinical contexts characterized by the presence of high levels of noise and low data quality. State-of-the-art techniques will be employed, including self-attention and transformer architectures in addition to the siamese architecture. Interaction variables will be eventually integrated in linear regression models to predict longitudinal treatment response trajectories.

Internship Objectives :

1) Validation and refinement of the siamese architecture

2) Automated quantitative analysis on a longitudinal clinical sample to evaluate the child-clinician interaction in terms of interpersonal synchrony, emotional communication and prosody on the outcome variables

3) Integration of interaction features in predictive models to evaluate their impact on treatment response trajectories

Required Profile :

Master 1 student (or equivalent school of engineering)
Computer Science / Data Science / Cognitive Science / Informatics / Robotics

Required skills :

Machine Learning
Deep Learning
Predictive modeling
Statistics

Signal processing
Programming (Python)
English

Advised skills :

Interest for social signal processing
Interest for multidisciplinary and clinical research
Interest for precision medicine

Références

[1] G. Dawson and G. Sapiro. Potential for Digital Behavioral Measurement Tools to Transform the Detection and Diagnosis of Autism Spectrum Disorder. JAMA pediatrics, 173(4):305–306, 2019

[2] P. Washington, N. Park, P. Srivastava, C. Voss, A. Kline, M. Varma, Q. Tariq, H. Kalantarian, J. Schwartz, R. Patnaik, B. Chrisman, N. Stockham, K. Paskov, N. Haber, and D.P. Wall. Data-Driven Diagnostics and the Potential of Mobile Artificial Intelligence for Digital Therapeutic Phenotyping in Computational Psychiatry. Biological psychiatry. Cognitive neuroscience and neuroimaging, 5(8):759–769, 2020.

[3] G. Vivanti, C. Kasari, J. Green, D. Mandell, M. Maye, and K. Hudry. Implementing and Evaluating Early Intervention for Children with Autism: Where Are the Gaps and What Should We Do? Autism Res, 11(1):16–23, 2018.

[4] Kyle M Frost, Jessica Brian, Grace W Gengoux, Antonio Hardan, Sarah R Rieth, Aubyn Stahmer, and Brooke Ingersoll. Identifying and measuring the common elements of naturalistic developmental behavioral interventions for autism spectrum disorder: Development of the NDBI-Fi. Autism, 24(8):22852297, 2020.

[5] R. Grzadzinski, T. Carr, C. Colombi, K. McGuire, S. Dufek, A. Pickles, and C. Lord. Measuring changes in social communication behaviors: preliminary development of the Brief Observation of Social Communication Change (BOSCC). Journal of autism and developmental disorders, 46(7):2464–2479, 2016.

[6] J.M. Moffitt, Y.A. Ahn, S. Custode, Y. Tao, E. Mathew, M. Parlade, and D.S. Messinger. Objective measurement of vocalizations in the assessment of autism spectrum disorder symptoms in preschool age children. Autism Research, 2022.

[7] M. Chetouani, E. Delaherche, G. Dumas, and D. Cohen. Interpersonal Synchrony: From Social Perception to Social Interaction. In Social Signal Processing. Cambridge, Cambridge University Press, 2017.