Estimation et modélisation personnalisée par apprentissage automatique de l'effort cognitif réel à partir de données multimodales dans les environnements numériques éducatifs hybrides

Mots clés: *Données hétérogènes, apprentissage automatique, système d'aide à la décision, sciences cognitives, effort cognitif, éducation.*

Présentation du sujet

Bien que le concept d'effort cognitif trouve ses racines dans les sciences cognitives et la psychologie, le présent sujet de thèse s'inscrit résolument dans le champ de l'intelligence artificielle. En effet, l'objectif principal est la modélisation automatique et objective de l'effort cognitif réel à partir de données multimodales collectées dans des environnements numériques éducatifs. Cette approche mobilise des techniques avancées d'apprentissage automatique, de traitement de données comportementales et physiologiques, et de modélisation prédictive, caractéristiques fondamentales de l'intelligence artificielle moderne.

Plus précisément, la thèse vise à concevoir des systèmes intelligents capables d'extraire, fusionner et interpréter des signaux hétérogènes pour estimer l'effort réel des apprenants, dépassant ainsi les limites des mesures subjectives souvent utilisées en sciences cognitives ou en sciences de l'éducation (Haataja et al. 2023). Cela nécessite le développement d'algorithmes robustes, adaptatifs et généralisables, capables d'apprendre à partir de grands volumes de données complexes, et d'intégrer des notions de biais individuel à travers des modèles personnalisés.

Bien que l'effort cognitif soit souvent reconnu comme un élément clé du succès de l'apprentissage (Scariot et al., 2016), à ce jour, aucune définition de ce concept n'est communément admise. Au contraire, de très nombreuses définitions coexistent qui sont plus ou moins compatibles les unes avec les autres. Une distinction est souvent introduite entre l'effort réel, qui correspond aux ressources cognitives effectivement mobilisées par l'élève, et l'effort ressenti, qui correspond à la perception subjective de cet effort par l'élève (Steele, 2020). Un élève peut ainsi avoir l'impression de fournir un effort élevé alors que son effort réel est faible, par exemple s'il a l'impression d'effectuer un travail plus difficile que ses pairs, ou au contraire avoir l'impression de fournir un faible effort alors que son effort réel est élevé, par exemple s'il est complètement absorbé par son activité (flow). L'effort cognitif peut ainsi être considéré comme une fonction de l'effort perçu modulo un certain biais, propre à l'élève. L'absence de définition consensuelle de l'effort cognitif réel constitue donc un verrou majeur. Il faudra formaliser un cadre conceptuel robuste permettant de distinguer clairement l'effort réel de l'effort perçu, tout en tenant compte des biais individuels et contextuels. Cette étape est cruciale pour orienter la collecte et l'interprétation des données.

L'effort perçu étant subjectif, il peut être obtenu en utilisant différents types de questionnaires (NASA-TLX, Workload Profile, Rating Scale of Mental Effort). Il peut également être

approximé en appliquant diverses approches d'apprentissage automatique sur des données comportementales et physiologiques. En revanche, il existe très peu de travaux sur la détermination d'indicateurs de l'effort réel. Le but de cette thèse est ainsi de produire de tels indicateurs, sur la base de données subjectives, comportementales, physiologiques et de performance, collectées dans le cadre de tiers-lieux numériques éducatifs. Ce cadre est en effet particulièrement propice à la collecte de telles données non seulement en raison de leur richesse interactive mais aussi du point de vue des technologies qu'ils permettent d'utiliser. En effet l'intégration et la fusion de ces différentes sources complexes de données hétérogènes (subjectives, comportementales, physiologiques, de performance), souvent bruitées et non synchrones, sera un véritable enjeu scientifique de ces travaux de recherche.

De plus l'effort cognitif étant subjectif et fortement influencé par les caractéristiques individuelles (compétences, état mental, motivation), cette personnalisation pose des défis en termes de choix de modélisation afin de permettre d'adapter les prédictions au profil de chaque apprenant, en intégrant des biais personnels et des dynamiques temporelles.

Il s'agira également de sélectionner, concevoir et valider des modèles d'apprentissage automatique capables d'estimer l'effort réel de manière précise, robuste et interprétable. L'évaluation devra être rigoureuse, combinant mesures quantitatives classiques et validation dans des contextes pédagogiques réels. L'équilibre entre complexité algorithmique et explicabilité est également un défi.

Contexte de la thèse

Ces travaux de recherche sont réalisés dans le cadre projet ASTERIE qui s'inscrit dans une dynamique nationale et européenne de transformation de l'éducation par l'innovation et le numérique. Il vise à expérimenter et à évaluer l'apport des tiers lieux numériques éducatifs, véritables espaces hybrides où se rencontrent élèves, enseignants, partenaires institutionnels et acteurs du territoire. Ces lieux favorisent l'émergence de nouvelles pratiques pédagogiques, la collaboration interdisciplinaire et l'ouverture de l'école sur son environnement. Les tiers lieux numériques sont donc des environnements interactifs et hybrides, où les données évoluent dans des contextes dynamiques et collaboratifs.

Dans ce contexte, ASTERIE réunit un consortium de laboratoires de recherche, d'établissements scolaires, d'associations et d'entreprises, avec pour ambition de repenser la forme scolaire et d'accompagner les évolutions des apprentissages à l'ère du numérique.

Profil et compétences requises

Le doctorant devra être titulaire (ou en cours d'obtention) d'un Master ou diplôme d'ingénieur en informatique, sciences cognitives, sciences des données ou mathématiques.

Les capacités de conception, d'analyse et l'autonomie du candidat sont importantes pour cette thèse, de même que des compétences en développement et une bonne capacité d'interaction et d'écoute (au vu du contexte de la thèse, des interactions avec les enseignants et élèves).

Salaire

Salaire selon les grilles de salaire des doctorants dans la fonction publique. Il sera discuté lors de l'entretien de recrutement.

Contact

Les candidatures sont à envoyer à

Davy Monticolo, davy.monticolo@univ-lorraine.fr

Ou

Geoffray Bonnin, bonnin@loria.fr

Références bibliographiques

Scariot, A. P., Andrade, F. G., Silva, J. M. C. da, & Imran, H. (2016). Students Effort vs. Outcome: Analysis Through Moodle Logs. In proc. ICALT.

Steele, J. (2020), 'What is (perception of) effort? Objective and subjective effort during task performance', PsyArXiv.

Moissa, B., Bonnin, G., & Boyer, A. (2021). Measuring and Predicting Students' Effort: A Study on the Feasibility of Cognitive Load Measures to Real-Life Scenarios. In proc. EC-TEL.

Eeva S.H. Haataja, Asko Tolvanen, Henna Vilppu, Manne Kallio, Jouni Peltonen, Riitta-Leena Metsäpelto, Measuring higher-order cognitive skills with multiple choice questions – potentials and pitfalls of Finnish teacher education entrance, Teaching and Teacher Education, Volume 122, 2023.