The College of Graduate Studies and the College of Information Technology Cordially Invite You to a
PhD Dissertation Defense

Entitled

IMPROVING STUDENTS' COGNITIVE ABILITIES IN REMOTE LEARNING ENVIRONMENT USING BRAIN COMPUTER INTERFACE AND EYE-TRACKING

by
Nuraini Jamil
ID: 201990167
Faculty Advisor
Dr. Abdelkader N. Belkacem
College of Information Technology

Date & Venue
2.00 pm
19 November 2024
Room 1012 , E1 Building

Abstract

Attention and cognitive engagement are crucial factors in remote learning environments, where the absence of physical presence often diminishes learning outcomes. Traditional methods for assessing these cognitive states, such as observation and self-reporting, are limited by subjectivity and inefficiency. Automated solutions, particularly those based on biometric data like EEG and eye-tracking, offer a more accurate and scalable alternative. However, developing robust systems that leverage biometric data in real-time presents significant challenges. These include handling large volumes of complex data, ensuring low-latency processing, and adapting machine learning models to diverse learning environments and individual cognitive states. Additionally, the integration of neurofeedback and brain-to-brain synchronization in online learning is still an emerging area of research, posing further challenges in understanding and improving cognitive alignment between students and instructors. To address these challenges, we developed an integrated system that combines machine learning, EEG-based neurofeedback, and brain-to-brain synchronization analysis to enhance cognitive engagement in remote learning environments. We employed several machine learning models, including CNN, logistic regression, and KNN, to classify cognitive states based on EEG and eye-tracking data. The CNN model outperformed others, achieving an area under the curve (AUC) of 0.98, demonstrating its effectiveness in interpreting subtle cognitive patterns. Additionally, we introduced a real-time neurofeedback system, which provided participants with immediate feedback based on their brain activity, resulting in significant improvements in attention as measured by increased beta and gamma wave activity across multiple sessions. Power spectral density (PSD) analysis and low-latency feedback processing further validated the system's efficacy in enhancing attention and cognitive engagement. Furthermore, we explored brain-to-brain synchronization between students and instructors during remote learning sessions. Using EEG data and the KNN algorithm, we successfully identified synchronization patterns that reflected a shared cognitive focus between participants. This analysis provided valuable insights into how synchronization and intermittent desynchronization influence learning outcomes and cognitive alignment. The findings of this study demonstrate the potential for machine learning and neurofeedback systems to improve remote learning by fostering higher levels of engagement and cognitive resonance. In conclusion, the proposed system offers a promising solution to the challenges of assessing and enhancing cognitive engagement in online learning environments. By automating the detection of cognitive states and improving brain-to-brain synchronization through neurofeedback, this research has the potential to revolutionize how educators assess and enhance cognitive performance in digital classrooms. Future work will focus on scaling the system, exploring personalized neurofeedback, and expanding the use of multimodal data to further improve learning outcomes.

Keywords: Brain Computer Interface, Brain Synchronization, Cognitive Abilities, Eye-tracking, Machine Learning, Neurofeedback, Remote Learning.

UAEU عمادة المكتبات Libraries Deanship جامعة الإمارات العربية المتحدة United Arab Emirates University
Digital Library Services Section - قسم الخدمات المكتبية الرقمية

تتشرف كلية الدراسات العليا وكلية تقنية المعلومات بدعوتكم لحضور
مناقشة رسالة الدكتوراه

العنوان
IMPROVING STUDENTS' COGNITIVE ABILITIES IN REMOTE LEARNING ENVIRONMENT USING BRAIN COMPUTER INTERFACE AND EYE-TRACKING

للطالبة
نوراييني جميل
الرقم الجامعي: 201990167
المشرف
د. عبدالقادر بلقاسم
كلية تقنية المعلومات

المكان والزمان
19 نوفمبر 2024، 2:00 مساءً
E1 - 1012

الملخص

إن الانتباه والمشاركة المعرفية من العوامل الحاسمة في بيئات التعلم عن بعد، حيث يؤدي غياب الحضور الجسدي غالبًا إلى تقليص نتائج التعلم. والطرق التقليدية لتقييم هذه الحالات المعرفية، مثل الملاحظة والإبلاغ الذاتي، محدودة بسبب الذاتية وعدم الكفاءة. وتقدم الحلول الآلية، وخاصة تلك القائمة على البيانات البيومترية مثل تخطيط كهربية الدماغ وتتبع العين، بديلاً أكثر دقة وقابلية للتطوير. ومع ذلك، فإن تطوير أنظمة قوية تستفيد من البيانات البيومترية في الوقت الفعلي يمثل تحديات كبيرة. وتشمل هذه التحديات التعامل مع كميات كبيرة من البيانات المعقدة، وضمان معالجة منخفضة الكمون، وتكييف نماذج التعلم الآلي مع بيئات التعلم المتنوعة والحالات المعرفية الفردية. بالإضافة إلى ذلك، لا يزال دمج التغذية العصبية والمزامنة بين الدماغ في التعلم عبر الإنترنت مجالًا ناشئًا للبحث، مما يفرض تحديات أخرى في فهم وتحسين التوافق المعرفي بين الطلاب والمعلمين. ولمعالجة هذه التحديات، قمنا بتطوير نظام متكامل يجمع بين التعلم الآلي والتغذية العصبية القائمة على تخطيط كهربية الدماغ وتحليل المزامنة بين الدماغ لتعزيز المشاركة المعرفية في بيئات التعلم عن بعد. لتصنيف الحالات المعرفية بناءً على بيانات KNN، والانحدار اللوجستي، و CNN، لقد استخدمنا العديد من نماذج التعلم الآلي، بما في ذلك تبلغ 0.98، مما يدل على (AUC) على غيره، حيث حقق مساحة تحت المنحنى CNN تخطيط كهربية الدماغ وتتبع العين. تفوق نموذج فعاليته في تفسير الأنماط المعرفية الدقيقة. بالإضافة إلى ذلك، قدمنا نظامًا للتغذية العصبية في الوقت الفعلي، والذي قدم للمشاركين ملاحظات فورية بناءً على نشاط أدمغتهم، مما أدى إلى تحسينات كبيرة في الانتباه كما تم قياسه من خلال زيادة نشاط موجات بيتا وجاما عبر جلسات ومعالجة التغذية الراجعة منخفضة الكمون فعالية النظام في تعزيز الانتباه والمشاركة (PSD) متعددة. كما أثبت تحليل كثافة الطيف للقدرة المعرفية. علاوة على ذلك، استكشفنا المزامنة بين الدماغ والدماغ بين الطلاب والمعلمين أثناء جلسات التعلم عن بعد. باستخدام بيانات حددنا بنجاح أنماط المزامنة التي تعكس التركيز المعرفي المشترك بين المشاركين. قدم هذا KNN، تخطيط كهربية الدماغ وخوارزمية التحليل رؤى قيمة حول كيفية تأثير المزامنة وإلغاء المزامنة المتقطعة على نتائج التعلم والمحاذاة المعرفية. تُظهر نتائج هذه الدراسة الإمكانات التي تتمتع بها أنظمة التعلم الآلي والتغذية الراجعة العصبية لتحسين التعلم عن بعد من خلال تعزيز مستويات أعلى من المشاركة والرنين المعرفي. وفي الختام، يقدم النظام المقترح حلاً واعدًا لتحديات تقييم وتعزيز المشاركة المعرفية في بيئات التعلم عبر الإنترنت. من خلال أتمتة اكتشاف الحالات المعرفية وتحسين المزامنة بين الدماغ من خلال التغذية الراجعة العصبية، فإن هذا البحث لديه القدرة على إحداث ثورة في كيفية تقييم المعلمين وتعزيز الأداء المعرفي في الفصول الدراسية الرقمية. سيركز العمل المستقبلي على توسيع نطاق النظام واستكشاف التغذية الراجعة العصبية الشخصية وتوسيع استخدام البيانات المتعددة الوسائط لتحسين نتائج التعلم بشكل أكبر.

كلمات البحث الرئيسية :واجهة الكمبيوتر الدماغية، مزامنة الدماغ، القدرات المعرفية، تتبع العين، التعلم الآلي، التغذية الراجعة العصبية، التعلم عن بعد.