



DESCRIPTION OF DOCTORAL DISSERTATION

The Author of the doctoral dissertation: Nastaran Hamedisheihani

Title of doctoral dissertation: Identifying objective EEG and eye-tracking biomarkers for modulation of cognitive functions

Title of doctoral dissertation in Polish: Identyfikacja obiektywnych biomarkerów EEG i śledzenia oczu do modulacji funkcji poznawczych

Language of doctoral dissertation: English

Supervisor: Dr hab. Michał T. Kucewicz

Date of doctoral defense:

Keywords of doctoral dissertation in Polish: przetwarzanie sygnałów cyfrowych; rozwarcie źrenicy; neuropsychologia; neurofizjologia poznawcza; oscylacje theta; rytmy gamma; inżynieria biomedyczna; uczenie maszynowe

Keywords of doctoral dissertation in English: digital signal processing; pupil dilation; neuropsychology; cognitive neurophysiology; theta oscillations; gamma rhythms; biomedical engineering; machine learning

Summary of doctoral dissertation in Polish: Funkcje poznawcze różnią się między osobami oraz zmieniają w czasie. Obiektywne miary fizjologiczne odzwierciedlające te zmiany pozostają jednak ograniczone. W niniejszej rozprawie zbadano czy aktywność elektrofizjologiczna oraz dynamika rozmiaru źrenicy mogą stanowić skuteczne wskaźniki funkcji poznawczych. Przeprowadzono dwa komplementarne badania z udziałem pacjentów z padaczką. W pierwszym badaniu analizowano zależności pomiędzy aktywnością elektroencefalograficzną (EEG) a funkcjami poznawczymi podczas standaryzowanej oceny neuropsychologicznej z wykorzystaniem Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB). Aktywność w paśmie theta w przedniej korze przedczołowej była związana z funkcjami pamięciowymi i wykonawczymi, co sugeruje, że odzwierciedla ona ogólną sprawność poznawczą. Drugie badanie dotyczyło pamięci na poziomie pojedynczych prób z wykorzystaniem jednoczesnych pomiarów śródczaszkowego EEG (iEEG) i pupilometrii podczas zadania pamięci werbalnej. Analizy czasowe zmian rozwarości źrenicy pozwoliły rozróżnić dobrą i słabą skuteczność pamięci podczas kodowania i odtwarzania informacji. Ta cecha pupilometryczna wykazała skuteczność klasyfikacji porównywalną z cechami spektralnymi mocy sygnału iEEG w określonych pasmach częstotliwości, co wspiera jej potencjalne zastosowanie jako nieinwazyjnego biomarkera funkcji pamięciowych. Łącznie uzyskane wyniki dostarczają narzędzi do przetwarzania i analizy sygnałów elektrofizjologicznych oraz pupilometrycznych w celu obiektywnej oceny, monitorowania i modulacji funkcji poznawczych z wykorzystaniem rozwijających się neurotechnologii interfejsów mózg–komputer.



Summary of doctoral dissertation in English: Cognitive performance varies across individuals and over time. Objective physiological measures reflecting these fluctuations remain limited. This thesis investigated whether electrophysiological activity and pupil dynamics can provide reliable indicators of cognitive performance. Two complementary studies were conducted in epilepsy patients. The first study examined relationships between electroencephalography (EEG) activity and cognitive performance during standardized neuropsychological assessment using the Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB). Theta-band activity in the anterior prefrontal cortex was associated with memory and executive functions, suggesting that it reflects general cognitive performance. The second study investigated trial-level memory performance using simultaneous intracranial EEG (iEEG) and pupillometry during a verbal memory task. Time-resolved analyses of pupil size discriminated good and poor memory performance during memory encoding and retrieval. This pupillometric feature showed classification performance comparable to iEEG power-in-band spectral features, supporting its potential use as a non-invasive biomarker of memory performance. Together, these findings provide electrophysiological and pupillometric signal processing and analysis tools for objective assessment, monitoring and modulation of cognitive performance with the emerging brain-computer interface neurotechnologies.