

ABSTRACT

Progresele în analiza semnalelor impulsionează domeniul neuro-tehnologiei împreună cu cercetarea Interfețelor Creier-Calculator care se ocupă cu analiza activității cerebrale. Scopul principal al acestei lucrări este de a oferi soluții pentru a ușura și facilita interacțiunea creier-calculator, prin următoarele: i) stimulii și activitățile care se referă la stările mentale și interesele utilizatorilor, sunt optimizate; ii) un sistem interpretabil este creat pentru a dezvălui informația neuronală ce poate determina în continuare un sistem de tip BCI pe bază de control să acționeze; iii) abordări metodologice avansate și îmbunătățite sunt dezvoltate pentru a extrage și interpreta, în mod eficient, activitatea neuronală umană relevantă de Electroencefalogramă (EEG). Investigarea se realizează prin două studii experimentale, în care primul propune stimuli și sarcini îmbunătățite privind interesele și preferințele utilizatorilor în cadrul unei Interfețe Creier-Calculator bazate pe imaginare motorie. Al doilea studiu consideră stările mentale cognitive ale utilizatorilor vizând îmbunătățirea ulterioară a controlului în cadrul Interfețelor Creier-Calculator și investighează nu numai ceea ce utilizatorul a prelucrat din informațiile externe, ci și modul și nivelul de prelucrare al informației codificate în creier. Paradigmele investighează fluctuațiile creierului induse de diferiți stimuli și activități, pentru a oferi mijloacele de a detecta informația neuronală semnificativă din activitatea creierului, care este critică pentru o aplicație de tip BCI. În timp ce prima paradigmă consideră ritmurile sensori-motrice (SMRs), a doua paradigmă se bazează pe potențiale legate de evenimente (en., Event-Related Potentials - ERPs). Majoritatea paradigmelor BCI consideră fie informațiile temporale, fie informațiile spectrale ale activității generate de către creier, însă rareori cercetarea se realizează în ansamblu, considerând ambele domenii, timp și frecvență. Așa cum se va observa în această lucrare, analiza care consideră un singur domeniu ar putea fi suboptimală, deoarece activitatea creierului prezintă informații suplimentare ce sunt vizibile atât în domeniul temporal, cât și în cel spectral. Prin urmare, această teză se ocupă cu îmbunătățirile metodologice ce includ informațiile complementare, obținând o analiză mai precisă a datelor ce depășește performanțele majorității metodelor disponibile.

Advances in signal processing push forward the Neurotechnology domain along with the Brain-Computer Interface (BCI) research which deals with the analysis of brain activity. The main goal of this thesis is to provide solutions to ease and facilitate the Brain-Computer Interaction, by the following: i) stimuli and tasks that refer to users' mental states and interests are optimized; ii) an interpretable system is created to reveal the neural information that can further determine a controlled BCI system to act; iii) advanced and improved methodological approaches are developed to efficiently extract and interpret human neural activity from the Electroencephalogram (EEG). The investigation is performed on two experimental studies, where the first one proposes improved stimuli and tasks regarding users' interests and preferences in a motor-imagery-based BCI. The second study considers users' cognitive mental states with the purpose to better control BCIs and investigates not only what the user has received from the external information, but also how and to which level of processing is the information encoded within the brain. The paradigms investigate the brain fluctuations induced by different stimuli and tasks, in order to provide the means to silently detect the meaningful neural information from the brain activity, which is critical for a BCI application. While the first paradigm considers Sensorimotor Rhythms (SMRs), the second paradigm is based on Event Related Potentials (ERPs). Most BCI paradigms consider either the temporal or the spectral information of the generated brain activity, but infrequently the investigation is performed in ensemble considering both domains. As it will be observed in this work, the analysis pipeline that considers only one domain might be suboptimal, while brain activity manifests additional information which is visible in both temporal and spectral domains. Therefore, this thesis deals with the methodological improvements that include complementary information, yielding to more accurate data analysis that outperforms most of the available methods.