

Streszczenie po polsku

Wzrokowe potencjały wywołane stanu ustalonego (ang. SSVEP, Steady State Visually Evoked Potentials) są odpowiedziami mózgu na periodycznie migający bodziec wzrokowy. Są one mierzone w sygnale elektroencefalograficznym (EEG), a ich częstość oscylacji odpowiada częstości stymulacji oraz jej harmonicznym i subharmonicznym. Potencjały SSVEP są wykorzystywane w dwóch obszarach nauki. Po pierwsze, stosuje się je w badaniach psychologicznych jako wskaźnik uwagi. Po drugie, wykorzystuje się je w interfejsach mózg-komputer – urządzeń umożliwiających osobom sparaliżowanym komunikację ze światem. Mimo szerokiego zastosowania w tych dziedzinach, wiele aspektów potencjałów SSVEP jest mało poznanych. W rozprawie przedstawiono cztery eksperymenty, których celem było pogłębienie wiedzy na temat elementarnych własności potencjałów SSVEP. Najczęściej używanymi bodźcami stosowanymi do generowania potencjałów SSVEP są bodźce o obwiedni prostokątnej. O ile widmo mocy bodźca sinusoidalnego zawiera w sobie jedynie maksimum położone w częstości stymulacji, o tyle widmo funkcji prostokątnej zawiera również nieparzyste wielokrotności tej częstości. Nasuwa się więc pytanie, czy obecność harmonicznych w potencjale SSVEP może być spowodowana, przynajmniej częściowo, przez ich obecność w samym bodźcu. W pierwszym eksperymencie prezentowanym w rozprawie porównano odpowiedzi mózgu na periodyczne bodźce świetlne dwóch rodzajów – o obwiedni prostokątnej oraz sinusoidalnej. Pokazano, że wpływ rodzaju bodźca na zawartość harmonicznych w SSVEP istnieje, ale jest niewielki. W potencjale SSVEP wywoływanym przy pomocy bodźca sinusoidalnego występują harmoniczne – zarówno parzyste jak i nieparzyste. Wynik ten wyklucza możliwość pochodzenia harmonicznych wyłącznie od sygnału wejściowego i świadczy o nieliniowym działaniu układu wzrokowego. Trzy kolejne eksperymenty, stanowiące zasadniczą część rozprawy, dotyczyły ewolucji czasowej SSVEP. W zastosowaniach psychologicznych nadal powszechnie zakłada się, że potencjały SSVEP są, zgodnie ze swoją nazwą, stabilne a ich amplituda nie zależy od czasu i może być modulowana jedynie przez uwagę. Założenie to jest kluczowe dla ich poprawnego zastosowania. W drugim omawianym eksperymencie zbadane zostały odpowiedzi na stymulację światłem migającym z częstością 15 Hz, o czasie trwania 60 s. Wykonane zostały wielokrotne pomiary w celu zmniejszenia wpływu fluktuacji występujących w sygnale EEG. Pokazano, że u wielu badanych dochodzi do istotnych zmian amplitudy SSVEP. Obserwowano zarówno przypadki spadku amplitudy sygnału tj., habituacji, jak i delikatnego wzrostu amplitudy w trakcie stymulacji. Dla części badanych potencjały SSVEP pozostawały stabilne w czasie. Zaobserwowano również przypadki odmiennego zachowania składowej podstawowej oraz drugiej harmonicznej. W danych pochodzących od pojedynczych badanych amplituda drugiej harmonicznej potrafiła rosnąć, podczas gdy amplituda składowej podstawowej malała. W kolejnym eksperymencie rozszerzono procedurę eksperymentalną na dodatkowe częstości stymulacji, tj. 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz i 40 Hz. Pokazano, że potencjały SSVEP wywoływane przez bodźce o różnych częstościach mogą ewoluować w inny sposób. W odpowiedzi na stymulację 5 Hz obserwowany był wzrost amplitudy podczas całego 60-sekundowego okresu stymulacji, a dla bodźców o częstości 15 Hz lub większej dominował spadek amplitudy. Na podstawie otrzymanych wyników postawiona została hipoteza, że różnice w przetwarzaniu bodźców o poszczególnych częstościach stymulacji mogą wynikać z różnic w udziale dwóch dróg wzrokowych (drobnokomórkowej i wielkokomórkowej) oraz różnic we własnościach neuronów tworzących poszczególne szlaki wzrokowe. Uzyskane rezultaty są kluczowe dla poprawnego przygotowania i interpretacji wyników eksperymentów psychologicznych wykorzystujących potencjały SSVEP. Mogą również pozwolić na lepsze projektowanie procedur działania interfejsów mózg-komputer, pozwalając na zwiększenie ich skuteczności.