

W poszukiwaniu źródeł poznawczych /kognitywnych funkcji mózgu

Elektroencefalogram to zapis elektrycznej aktywności mózgu, po raz pierwszy uzyskany dzięki nieinwazyjnym elektrodom umieszczonym na powierzchni skóry głowy w 1929 roku przez neurologa, Hansa Bergera. Wkrótce potem zauważono, że w EEG, różnych sytuacjach występują oscylacje w określonych zakresach częstotliwości (nazwanych literami greckiego alfabetu). Wolne oscylacje występują we śnie (delta: poniżej 4 Hz, teta: 4-7 Hz) i w stanie relaksu (alfa: 8-12 Hz) a szybsze oscylacje (beta: 12-30 Hz i gamma: powyżej 30 Hz) pojawiają się w stanie wzbudzenia. Lata badań pozwoliły również na zaproponowanie związków fal EEG z wyższymi funkcjami realizowanymi w mózgu takimi jak aktywne hamowanie nieadekwatnych reakcji (alfa), pamięć robocza (teta i gamma), motoryczne funkcje wykonawcze (beta) oraz uwaga, prowadząca do percepcji i podejmowania decyzji (beta i gamma).

Jednak powiązanie funkcji kognitywnych z pasmami EEG podlega ciągłej dyskusji, między innymi z powodu braku pewności co tego, przez jakie części mózgu są one generowane. Za pomocą EEG możemy monitorować pracę mózgu z milisekundową precyzją czasową, jednak przestrzenna rozdzielczość tej metody jest dość ograniczona. EEG rejestrowane z elektrod na powierzchni głowy jest trudną do rozdzielenia (nawet wyrafinowanymi metodami matematycznymi), mieszaniną sygnałów z wielu części mózgu. Typowe metody analityczne łatwo wyodrębniają z EEG jego podstawowe składowe (takie jak pasma częstotliwości), ale pytanie o lokalizację w mózgu źródeł aktywności odpowiedzialnych za generację tych składowych pozostaje w znacznym stopniu niewyjaśnione. I jeśli chcemy naprawdę zrozumieć jak działa mózg, w jaki sposób realizuje nasze najbardziej wyrafinowane funkcje poznawcze, musimy pogłębić wiedzę dotyczącą związku między sygnałem EEG rejestrowanym z powierzchni głowy a strukturami mózgu produkującymi ten sygnał.

W proponowanym projekcie badawczym planujemy przeprowadzenie serii doświadczeń, w czasie których ochotnicy zostaną poproszeni o wykonanie komputerowych testów wymagających od nich wzmożonej aktywności kognitywnej (np. uwagi). Aktywność ich mózgow zostanie wtedy zarejestrowana za pomocą wielokanałowego EEG oraz skanera fMRI. fMRI - czyli funkcjonalne obrazowanie rezonansem magnetycznym – to metoda rejestrująca aktywność mózgu z bardzo dobrą (milimetrową) rozdzielczością przestrzenną, za to pozbawiona dobrej rozdzielczości czasowej (dokładnie odwrotnie niż EEG). W naszym badaniu skany fMRI pozwolą na zlokalizowanie w mózgu struktur wzbudzanych przez zadania poznawcze wykonywane przez ochotników. Dzięki tej wskazówce dotyczącej umiejscowienia aktywnych obszarów mózgu, będziemy mogli, za pomocą nowo opracowanych algorytmów matematycznych, przypisać tym strukturom unikalne czasowo-przestrzenne wzorce aktywności EEG rejestrowanego z powierzchni głowy.

Dotychczas takie analizy koncentrowały się na poszukiwaniu wewnątrz-mózgowych źródeł poszczególnych częstotliwości. Wydaje się jednak mało prawdopodobne, żeby jakakolwiek struktura mózgu generowała prosty sygnał złożony z tylko jednej częstotliwości. Spodziewamy się raczej, że części mózgu generują złożone, ale unikalne (zależne od wewnętrznej budowy danej struktury i jej sieci połączeń z innymi obszarami), czasowo-przestrzenne mapy pól elektrycznych. Taka mapa – jak odcisk palca – powinna pojawiać się w sygnale EEG za każdym razem kiedy dana struktura była aktywna.

Poza próbą rozwiązania powyższego problemu neurofizjologicznego, w naszym projekcie będziemy rozwijać i testować nowe neuroinformatyczne metody analizy sygnału EEG. Próby opisania zależności pomiędzy wewnątrz-mózgowymi aktywnymi źródłami a falami EEG, opierały się o różne podejścia matematyczne, jednak żadne z nich nie zapewniły jednoznacznych konkluzji. Każda nieścisłość w założeniach początkowych dotyczących m.in. lokalizacji domniemanych dipoli prądowych w mózgu, przewodności elektrycznej tkanki, czy niewłaściwe wybró składowych prowadzą do fałszywych konkluzji odnośnie funkcjonowania mózgu. My proponujemy nowe podejście oparte o estymator pseudo-nieobciążony obniżonego rzędu o najmniejszej wariancji. We wstępnych testach okazało się ono przewyższać inne metody pod względem dokładności rozpoznania i lokalizacji małych, sąsiadujących źródeł, szczególnie w przypadku analizy zaszumionych danych.

Wierzimy, że wyniki naszego projektu pogłębią zrozumienie sygnału EEG i sposobu w jaki reprezentuje on aktywność konkretnych części mózgu oraz dostarczą nowych narzędzi analitycznych. Pozwoli to na bardziej efektywne wykorzystanie EEG w neurofizjologii, psychopatologii oraz w terapii zaburzeń poznawczych u ludzi.