

Według Philipa Andersona, laureata nagrody Nobla z fizyki i autora słynnego artykułu w Science pt. "More is different" ("Więcej znaczy różnie"), gwałtownie nauki nie mogą być postrzegane jako kształt hierarchii, w której jedna dziedzina musi stosować się do praw innej, bardziej fundamentalnej: jako przykład można podać zakotwiczone w fizyce chemia i biologia, a nauki społeczne podlegają prawom psychologii. Znajomość takich pierwotniejszych praw nie pozwala jednak w prosty sposób na odtworzenie zjawisk występujących na wyższym szczeblu hierarchii. Wyłaniają się prawa jako ciowa nowe.

Czy te luk wyłaniającej się zło ono ci da się wypełnić, a dziedziny nauki pchnąć z poziomu teorii efektywnych na poziom teorii podstawowych, zależy od stopnia rozwoju narzędzi teoretycznych. Jeszcze do niedawna badania kognitywne należały do dziedzin humanistycznych, wychodziły od psychologii, by skierować się ku neurobiologii i nauk medycznych. Gwałtowny rozkwit technik eksperymentalnych, pozwalających zebrać gigantyczne ilości pomiarów aktywności mózgu w dużej rozdzielczości przestrzennej i czasowej, walczyły przyczynić się do zmiany toru badań kognitywnych na metodologii empirycznej i ilości ciów.

Dla nadziei na nowoczesnych neuronaukach kluczowe okazały się dwie rzeczy: rozwój narzędzi eksperymentalnych pozwalających na pomiary aktywności neurofizjologicznej na niespotykaną dotąd skalę (elektroencefalografia z gęstą siatką elektrod, funkcjonalny magnetyczny rezonans jądrowy czy magnetoencefalografia) oraz zbudowanie superkomputerów zdolnych symulować działanie ogromnych układów neuronalnych. Oba te czynniki wyzwoliły nagłą potrzebę rozwijania nowych metod i algorytmów do analizy potężnych zbiorów danych, które potrafiłyby odnajdywać ukryte w nich korelacje czy po prostu odfiltrować szum z mierzonych sygnałów.

Ludzki mózg wydaje się najbardziej złożonym układem w przyrodzie. Kluczem jest więc zastosowanie z powodzeniem wykorzystywanych narzędzi teorii układów złożonych w celu skonfrontowania ich z danymi aktywności neuronalnej i behawioralnej. Zadanie takie wymaga wykorzystania matematyki (teorii katastrof i nieliniowych układów dynamicznych, teorii sieci i grafów i teorii informacji) i fizyki (chaosu deterministycznego, termodynamiki nierównowagowej czy fizyki statystycznej). Odnosząc sukcesy w odkrywaniu zjawisk samoorganizacji w różnorodnych dziedzinach -- w ekonomii, socjologii, genetyce, biologii systemowej, opisie procesów transportu i telekomunikacji -- teoria układów złożonych pozwala wywić nadzieję, że również procesy poznawcze, budowa ludzkiego mózgu i pojawienie się świadomości zostaną kiedyś zrozumiane na poziomie fundamentalnym.

Celem niniejszego projektu jest więc rozwinięcie i zastosowanie nowych metod teorii układów złożonych do analizy zapisów EEG uzyskiwanych w badaniach neuropsychologicznych nad procesami popełniania błędów w odpowiedzi na bodziec oraz nad procesami zachodzącymi w mózgu w stanie spoczynku. Dotychczas prowadzone badania nad detekcją błędów koncentrują się głównie na okresie po wykonaniu błędnej reakcji. Tradycyjnie stosowana metoda analizy oparta jest na procesie uśredniania krótkich segmentów czasowych, co nie pozwala na wykrycie i zrozumienie fluktuacji sygnału zachodzących pomiędzy kolejnymi prezentacjami bodźca. W oparciu o zaawansowaną analizę fluktuacji sygnału stosowaną w fizyce oraz wyrosłej z niej teorii układów złożonych chcemy wypracować metody analizy kierunkowości i opóźnienia przepływu informacji w sieciach neuronalnych badanych w stanie spoczynku; w badaniu behawioralnym chcemy natomiast odpowiedzieć m.in. pytanie, czy poprawna reakcja może określić na etapie podejmowania decyzji o podjęciu akcji, w przedziale czasowym pomiędzy pojawieniem się bodźca a wykonaniem reakcji.

Dziękując temu, może być możliwe uchwycenie dynamiki procesów poznawczych i emocjonalnych na poziomie aktywności bioelektrycznej mózgu. Znalezienie potencjalnych różnic pomiędzy błędami a poprawnymi reakcjami na etapie podejmowania decyzji, może posłużyć jako podstawa do późniejszego tworzenia systemów komputerowych będących w stanie ocenić poprawność popełnienia błędów przez człowieka w trakcie wykonywanych zadań. Zatem wyniki realizowanego projektu mogą w przyszłości zostać wykorzystane przy budowaniu systemów prewencji błędów, wspierających prac operatorów systemów krytycznych (np. pilotów, operatorów maszyn itp.).