

Aleksander Rogowski
Wydział Fizyki

Szach-mat neurochipie! – o sposobach bronienia się mózgu przed ingerencją zewnętrzną.

Od przynajmniej 20 lat naukowcy a także przemysł farmaceutyczny pracują nad stworzeniem metody wydajnej komunikacji na linii mózg-komputer. Wiele już w tej dziedzinie osiągnięto, szczytne są też (przeważnie) cele, które taka metoda ma czynić możliwymi. Pacjenci poruszają już protezami kończyn za pomocą odpowiednich implantów, częściowo odzyskują wzrok czy w znacznej mierze pozbywają się napadów epilepsji. To tylko kilka przykładów medycznych osiągnięć, które pozwalają ludziom na powrót do normalności.

Nie wszystkie jednak badania skupiają się na tym, jak pomóc osobom chorym lub niepełnosprawnym – część z nich sięga znacznie dalej. Badania na gryzoniach dowiodły, iż laserowa aktywacja obszarów podwzgórza u genetycznie modyfikowanych osobników może wywołać natychmiastowe akty agresji wobec najbliższego otoczenia. Podobnie, elektryczna aktywacja obszaru ludzkiego mózgu odpowiedzialnego za rozpoznawanie twarzy, sprawia, że pacjent zauważa wzorce twarzy nawet na przedmiotach zupełnie z nią niezwiązanych. Podobne doświadczenia pobudzają wyobraźnię naukowców i nie tylko – czy oznaczają, że ludzkie postrzeganie rzeczywistości, wzorce zachowań, pamięć i umiejętności mogą być kontrolowane za pomocą wszczepionego do mózgu chipu? Sam fakt stawiania takich pytań niewątpliwie budzi moralne wątpliwości – nie rozumiemy w pełni mechanizmów stojących za świadomością, więc istnieje ryzyko, że neurochip ingerujący w działanie mózgu mógłby wywołać nieprzewidywalne zmiany w osobowości czy zmniejszyć autonomię jednostki. Czy jednak biorąc pod uwagę poziom skomplikowania procesów zachodzących w mózgu, taki implant w ogóle ma szansę działać?

Jednym z podstawowych wyzwań dla neurochipów jest złożoność i unikalność każdego mózgu. Struktura neuronalna kształtuje się pod wpływem indywidualnych doświadczeń i jest w ciągłym procesie przebudowy. Proces ten, znany jako neuroplastyczność, oznacza, że połączenia między neuronami zmieniają się w zależności od bodźców zewnętrznych i wewnętrznych. W efekcie każdy mózg posiada unikalny „kod” połączeń synaptycznych, co sprawia, że trudno stworzyć uniwersalne urządzenie działające jednakowo na wszystkich ludzi. Nawet jeśli neurochip uda się dostosować do konkretnego mózgu, zmiany zachodzące w strukturze neuronalnej mogą szybko sprawić, że stanie się on nieaktualny.

Kolejnym sposobem, w jaki mózg chroni się przed zewnętrzną ingerencją, jest skomplikowany system kodowania informacji. Neurony komunikują się poprzez impulsy elektryczne zwane potencjałami czynnościowymi, ale sposób, w jaki informacje są kodowane, jest niezwykle złożony i wciąż nie do końca zrozumiały. Informacje są zakodowane nie tylko w częstotliwości i amplitudzie impulsów, ale również w ich precyzyjnym czasie występowania. Ten wielowarstwowy system kodowania sprawia, że to samo pobudzenie może mieć różne znaczenie w zależności od kontekstu i połączeń synaptycznych. Bez pełnego zrozumienia tego kodu zewnętrzne urządzenie nie jest w stanie precyzyjnie wpływać na procesy myślowe czy emocjonalne bez ryzyka wywołania nieprzewidywalnych skutków ubocznych.

Mózg nie jest jednorodny – składa się z wielu obszarów, które pełnią odmienne funkcje, od przetwarzania bodźców zmysłowych po kontrolę emocji czy procesy decyzyjne. Każdy z tych obszarów jest połączony w sieć, która działa wielopoziomowo. Interwencja w jeden region mózgu może mieć nieprzewidywalne skutki w innych obszarach, ponieważ mózg funkcjonuje jako całość, a informacje są przetwarzane jednocześnie na wielu poziomach. Hierarchiczność tej sieci sprawia, że jakakolwiek ingerencja może prowadzić do efektu domina, wywołując zmiany tam, gdzie nie były one zamierzone. W praktyce oznacza to, że trudno przewidzieć wszystkie konsekwencje wpływu neurochipu na mózg.

Być może największym wyzwaniem dla neurochipów jest ingerencja w pamięć i procesy poznawcze. Pamięć nie jest przechowywana w jednym miejscu w mózgu — wspomnienia są rozproszone w całej sieci neuronowej. Co więcej, istnieje wiele rodzajów pamięci, takich jak krótkoterminowa, długoterminowa, proceduralna czy epizodyczna, które angażują różne obszary mózgu. Neurochip musiałby zatem wpływać na wiele różnych regionów jednocześnie, aby skutecznie modulować procesy pamięciowe. Dodatkowym utrudnieniem jest proces konsolidacji pamięci — wspomnienia są umacniane w czasie, co oznacza, że ingerencja w jednym momencie może być niewystarczająca do zmiany trwałych wspomnień.

Jeśli wypływa z tych rozważań jakaś myśl zwieńczająca, chciałbym, aby była nią obserwacja, że i tym razem zwycięża różnorodność i ciągła zmienność natury — idąc za myślą Lema: „Jak to jednak miło pomyśleć, że tylko człowiek może być draniem.” Złożoność, plastyczność, precyzyjne połączenia, hierarchiczność sieci oraz skomplikowane procesy pamięciowe stanowią swoisty „szach-mat”, który mózg stawia przed neuroinżynierami. Dopóki nie zrozumiemy wszystkich mechanizmów działania mózgu, uniwersalne neurochipy pozostaną raczej wizją science fiction niż rzeczywistością.