

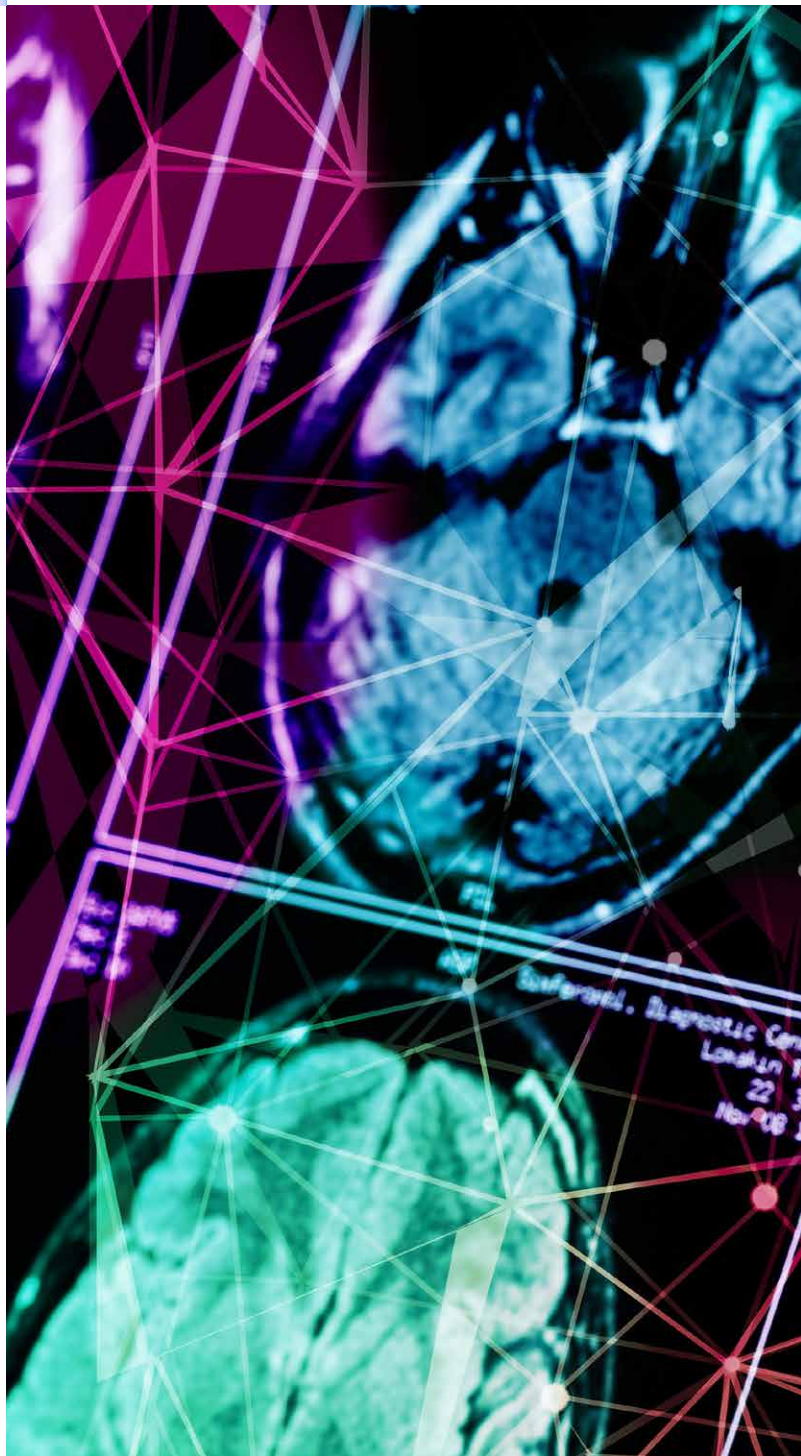


dr Agnieszka Sikora

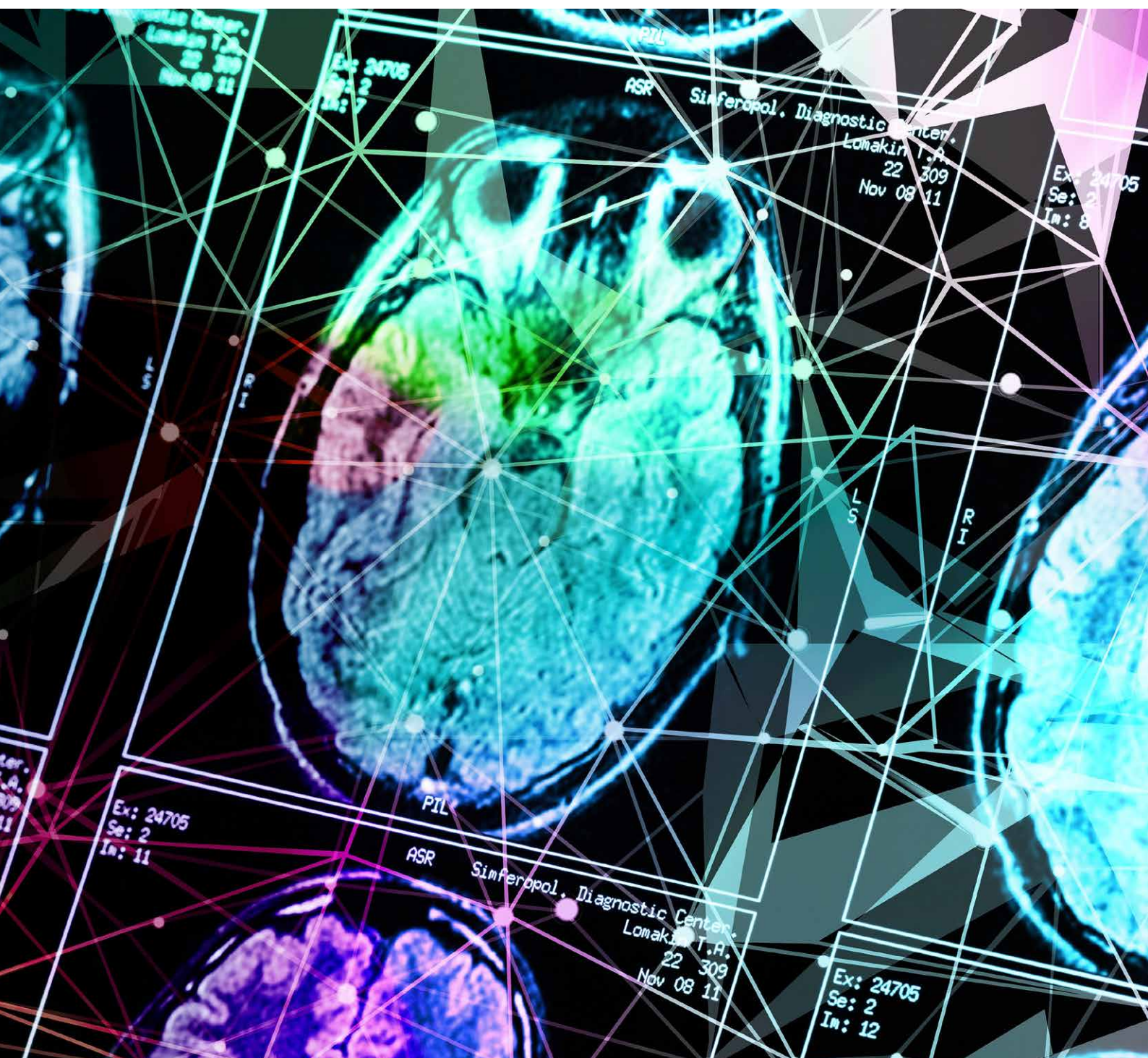


dr Karina Maciejewska, prof. UŚ
Instytut Inżynierii Biomedycznej
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski
karina.maciejewska@us.edu.pl

Dr Karina Maciejewska, prof. UŚ, jest kierownikiem grupy badawczej w Instytucie Inżynierii Biomedycznej Uniwersytetu Śląskiego zajmującej się przetwarzaniem i analizą sygnałów biomedycznych w neuronauce w celu lepszego poznania psychofizjologicznej aktywności układu nerwowego człowieka i jego reakcji na środowisko. Naukowcy skupiają się na badaniu aktywności elektrycznej mózgu oraz innych sygnałów biomedycznych. Zastosowanie najnowszych osiągnięć z zakresu inżynierii biomedycznej, tj. wirtualnej rzeczywistości oraz mobilnego obrazowania mózgu i ciała, pozwala badaczom na rozwój neuronauki poznawczej, dzięki której lepiej możemy zrozumieć, jak działają procesy poznawcze u człowieka w naturalnym środowisku, a także udoskonalać specjalistyczne narzędzia do analizy sygnałów biomedycznych.



JAK **BADANIA NAD** **MÓZGIEM** ZMIENIA PRZYSZŁOŚĆ LUDZKOŚCI



To obszerna interdyscyplinarna dziedzina nauki, która zajmuje się badaniem układu nerwowego ze szczególnym uwzględnieniem mózgu. Łączy w sobie wiele dyscyplin naukowych – od biologii, neurobiologii, chemii, fizyki, inżynierii biomedycznej, po informatykę, a nawet psychologię, nauki humanistyczne, filozofię czy językoznawstwo. Naukowcy zajmujący się neuronauką analizują procesy odpowiedzialne za myślenie, pamięć, interakcje z innymi ludźmi, emocje czy podejmowanie decyzji. Ważnym obszarem badań jest również poszukiwanie przyczyn i metod leczenia chorób neurologicznych. Obserwacje i analizy układu nerwowego możliwe są dzięki różnym technologiom, m.in. takim jak obrazowanie metodą rezonansu magne-

tycznego (MRI) czy elektroencefalografia (EEG). Neuronaukowcy badają układ nerwowy na wielu poziomach: pojedynczych kanałów jonowych (białek, które znajdują się wewnątrz błon komórkowych), neuronów (czyli komórek nerwowych), tkanek, organów oraz na poziomie systemowym, czyli całego organizmu; zaś neuronauka społeczna zajmuje się interakcjami z innymi ludźmi. Naukowcy starają się dociec, jak przebiegają różne procesy poznawcze w zdrowym organizmie, np. pamięć krótkotrwała, długotrwała, proces uwagi, które są bardzo ważne do przetrwania i adaptacji człowieka do środowiska.

– W procesie uwagi mózg człowieka jest w stanie wybierać, czyli selekcjonować informacje, które do niego docierają ze

wszystkich stron. To miliardy bodźców związanych m.in. z przetwarzaniem języka, jego rozumieniem, orientacją przestrzenną, percepcją itd. – wyjaśnia badaczka. – Procesy poznawcze można badać za pomocą miar behawioralnych, czyli przygotowuje się jakiś eksperyment, w którym ochotnik odpowiada na pytania, zaś naukowcy badają odpowiedzi czy szybkość reakcji w odpowiedzi na pytania, a następnie interpretują wyniki. My natomiast staramy się eksplorować temat procesów poznawczych mózgu człowieka przy wykorzystaniu sygnałów biomedycznych, które są obiektywne i bardziej czułe, bo bezpośrednio mierzą aktywność mózgu, mięśni, serca czy oka.

SYGNAŁY BIOMEDYCZNE

Sygnały biomedyczne to mierzalne sygnały fizjologiczne pochodzące z organizmu człowieka lub zwierzęcia, które odzwierciedlają funkcjonowanie układów biologicznych. Mogą mieć charakter elektryczny, mechaniczny, chemiczny lub termiczny i są wykorzystywane w diagnostyce, monitorowaniu stanu zdrowia oraz badaniach naukowych.

Jednym z podstawowych i najczęściej badanych sygnałów biomedycznych jest mierzenie funkcjonowania ośrodkowego układu nerwowego za pomocą analizy aktywności elektrycznej mózgu (EEG).

System EEG i VR testowany przez członka zespołu
fot. Agnieszka Sikora



– To jest główna metoda, którą stosujemy, ale oprócz tego wykorzystujemy również sygnały peryferyjne, czyli takie, które mierzą czynność innych narządów, ale pod kontrolą układu nerwowego. Dzięki temu jesteśmy w stanie dowiedzieć się więcej na temat tego, jak funkcjonują mózg, układ nerwowy i całe ciało w konkretnej sytuacji lub w odpowiedzi na jakiegóż bodźce – tłumaczy badaczka.

Innym badanym sygnałem biomedycznym jest elektrokardiografia (EKG). Badania takie polegają na rejestrowaniu i analizie elektrycznej aktywności serca, która powstaje w wyniku jego pracy. EKG mierzy zmiany potencjałów elektrycznych generowanych podczas skurczów i rozkurczów mięśnia sercowego. Trzeba pamiętać, że tak naprawdę serce nie bije. To proces mechaniczny, podczas którego mięsień sercowy kurczy się i pompuje krew do naczyń krwionośnych, ale – co należy podkreślić – jest on ściśle związany z aktywnością elektryczną, ponieważ to właśnie impulsy elektryczne inicjują i koordynują ruchy skurczowe przedsionków i komór, czyli inicjują depolaryzację i repolaryzację mięśnia sercowego. Kolejnym sygnałem biomedycznym, który wykorzystują naukowcy, jest sygnał oddechowy. Jego badanie polega na rejestrowaniu i analizie parametrów oddechu, takich jak częstotliwość, głębokość

oraz regularność oddychania. W badaniu wykorzystuje się specjalny pas, który umieszczony jest na klatce piersiowej i rejestruje jej ruchy podczas wdechów oraz wydechów. Dzięki temu naukowcy są w stanie śledzić wzorce oddechowe badanego.

Innym ważnym sygnałem jest elektromiografia (EMG) – badanie, które rejestruje aktywność elektryczną mięśni, co pozwala na analizę połączeń nerwowo-mięśniowych i diagnostykę chorób, takich jak neuropatie. EMG często kojarzy się z zabiegami rehabilitacyjnymi czy badaniami w sporcie, ale wykorzystywane jest także w badaniach mięśni twarzy. Wiemy, że są one związane z mimiką, a ta z kolei jest powiązana ze stanem psychofizjologicznym i emocjonalnym człowieka. Obserwując twarz, jesteśmy w stanie rozpoznać, które mięśnie się aktywują, a co za tym idzie, przyczyniają się do konkretnego wyrazu twarzy i ukrytych za nim emocji. Dzięki temu możemy rozpoznać niektóre choroby czy stany pobudzenia. Do takiej analizy jest obecnie coraz częściej wykorzystywana sztuczna inteligencja, która może rozpoznawać mimikę człowieka i klasyfikować grymasy. Wielu zmian jednak nie można dostrzec okiem i dlatego zaletą sygnałów biomedycznych jest to, że wykrywają nawet bardzo drobne aktywacje.

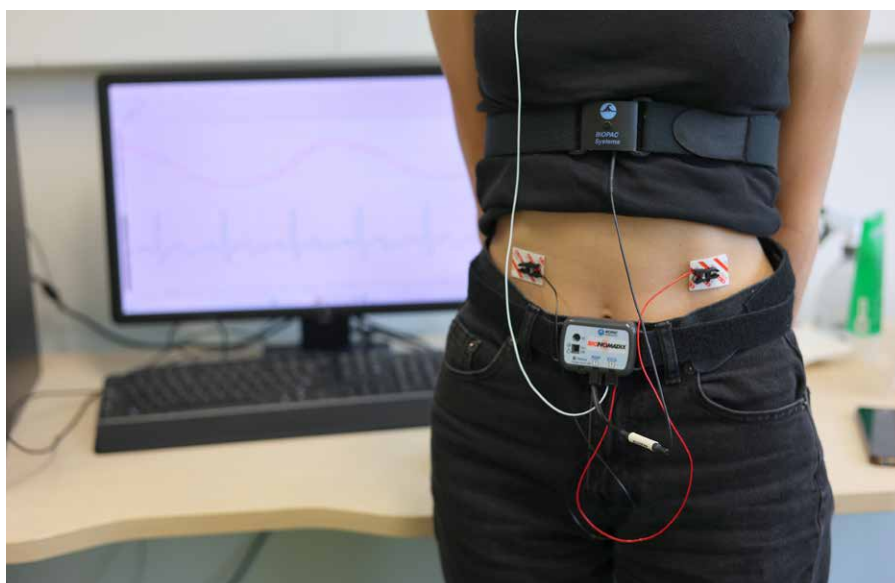
Bardzo ciekawą metodą jest badanie aktywności elektrodermalnej (EDA). Polega ono na pomiarze zmian przewodności elektrycznej skóry, które z kolei są wywołane potliwością. Aktywność gruczołów potowych jest kontrolowana przez współczulny układ nerwowy, a przez to ściśle związana z reakcjami emocjonalnymi, stresem i pobudzeniem. Oczywiście potliwość zależy też od warunków zewnętrznych, ale te w badaniach są kontrolowane. Reakcja elektrodermalna jest wykorzystywana w tzw. wariografach, czyli wykrywaczach kłamstw. Do tego typu badań

należy jednak podchodzić z dużą dozą nieufności, aby nie dochodziło do nadinterpretacji. Dlatego przy wykorzystaniu pomiarów EDA, często wykorzystuje się dodatkowo inne sygnały biomedyczne, np. śledzenie ruchu gałek ocznych, tzw. elektrookulografię (EOG). To pozwala na bardziej kompleksową analizę reakcji fizjologicznych i poznawczych, szczególnie w kontekście emocji, uwagi i przetwarzania informacji.

Ważnym badaniem stosowanym w neuronauce jest funkcjonalny rezonans magnetyczny (fMRI), który pozwala na

lokalizację obszarów mózgu aktywujących się w trakcie badania. Wykorzystuje ona zmiany w przepływie krwi w mózgu jako wskaźnik aktywności neuronalnej. W neuronauce stosowana jest także tomografia pozytonowa (PET). To technika obrazowania, która pozwala na ocenę procesów metabolicznych i funkcjonalnych w organizmie przy wykorzystaniu promieniowania emitowanego przez substancje radioaktywne (znaczniki), które są wprowadzane do organizmu człowieka. Jednakże dwie ostatnie metody charakteryzują się słabą czasową zdolnością rozdzielczą. To znaczy, że mierzony sygnał pojawia się dopiero po jakimś czasie od zadziałania bodźca. Nam jednak zależy na badaniu dynamiki przetwarzania informacji przez mózg, więc sygnały biomedyczne, takie jak EEG, mają tu olbrzymią przewagę. Nie tylko pozwalają mierzyć biopotencjały w czasie rzędu milisekund (czyli tysięcznych części sekundy), ale ich większa dostępność, brak konieczności budowania masywnej infrastruktury, szybki rozwój technologii umożliwiający ich miniaturyzację i przenośność pozwalają eksplorować tajniki ludzkiego mózgu w bardziej naturalnym środowisku.

System bezprzewodowego pomiaru sygnałów biomedycznych testowany przez członkinię zespołu
fot. Agnieszka Sikora



MOBILNE OBRAZOWANIE MÓZGU I CIAŁA (MOBI)

W standardowych badaniach osoba musi być badana stacjonarnie. Siada przed monitorem, musi patrzeć na środek ekranu, ale nie wodzić oczami, co może powodować artefakty, nie ruszać rękami ani nogami, oddychać swobodnie, ale nie za głęboko, nie ruszać językiem, nie zaciskać żuchwy czy mięśni karku. Następnie reaguje, czyli naciska przycisk, gdy widzi pewną grupę bodźców. To wszystko wprowadza wiele ograniczeń. Mobilne obrazowanie mózgu i ciała umożliwia badanie procesów neurofizjologicznych w bardziej naturalnych, codziennych warunkach, również poza laboratorium czy szpitalem. Głównym jego celem jest monitorowanie aktywności mózgu, mięśni, serca czy innych funkcji organizmu wraz ze śledzeniem ruchów oczu oraz ciała w dynamicznym środowisku, np. podczas ruchu, pracy, ćwiczeń, snu czy wchodzenia w interak-

cję ze środowiskiem lub różnymi obiektami oraz ludźmi. Zamiast dużych, stacjonarnych urządzeń, stosuje się lekkie, przenośne czujniki. Mogą być noszone jako pasy, opaski, czapki, kamizelki czy inne niewielkie urządzenia mocowane na skórze. Dane są zbierane w czasie rzeczywistym i bezprzewodowo przesyłane do urządzenia analizującego (np. telefonu, tabletu lub komputera).

W przyszłości dzięki rozwojowi inżynierii biomedycznej badania nad mózgiem i układem nerwowym na pewno będą koncentrować się na coraz dokładniejszym zrozumieniu mechanizmów działania mózgu, diagnozowaniu chorób oraz opracowywaniu nowoczesnych terapii. Wśród kluczowych kierunków rozwoju należy wspomnieć o intensyfikowaniu prac nad interfejsami mózg-komputer (BCI, *Brain-Computer Interfaces*). To dynamicznie rozwijająca

się dziedzina neuronauki i inżynierii biomedycznej, która umożliwia bezpośrednią komunikację między mózgiem a urządzeniami zewnętrznymi (elektronicznymi). Już dziś pomagają osobom z niepełnosprawnościami nawiązać komunikację z otoczeniem (jak w przypadku słynnego fizyka Stephena Hawkinga) lub odzyskać niektóre funkcje ruchowe. Sygnały z mózgu pozwalają kontrolować ruchy protez, wirtualne kursory, wózki inwalidzkie, roboty czy aplikacje komputerowe. Można przypuszczać, że będą się rozwijać także technologie Neuralink, czyli rozwój implantów pozwalających na komunikację z komputerem lub kontrolowanie urządzeń za pomocą myśli. Interfejsy mogą w przyszłości umożliwiać „rozszerzanie” pamięci i innych zdolności poznawczych.