



Transfer umysłu – realny scenariusz czy utopijna wizja?

Magdalena Woronowicz
(Uniwersytet w Białymstoku)

Abstrakt: Celem artykułu jest próba przedstawienia najważniejszych w moim przekonaniu problemów i niejasności związanych z możliwością przeprowadzenia transferu umysłu (ang. *mind uploading*). Idea przeniesienia umysłu na inny nośnik jest zagadnieniem często podejmowanym w ostatnich latach, szczególnie przez zwolenników transhumanizmu. Dyskusja oparta jest na argumentacji zależnej od przyjętego stanowiska wobec relacji łączącej umysł i ciało. Mnogość poglądów na temat tych powiązań sprawia, że mimo wciąż prowadzonych analiz możliwości przeprowadzenia procesu dotychczas nie udało się jednoznacznie stwierdzić, czy mógłby on zakończyć się powodzeniem. W tekście omawiam główne założenia koncepcji transferu umysłu. Dodatkowo prezentuję najistotniejsze w mojej opinii problemy, które sprawiają, że idea transferu umysłu jest utopijną wizją transhumanistów.

Słowa kluczowe: transfer umysłu, umysł ucieleśniony, obliczeniowa teoria umysłu, świadomość, transhumanizm

Mind Transfer: A Real Scenario or a Utopian Vision?

Abstract: The aim of the article is to present, in my view, the most important problems and ambiguities related to the possibility of achieving mind transfer (*mind uploading*). The idea of transferring the mind to another medium has been frequently discussed in recent years, particularly by supporters of transhumanism. The discussion is based on arguments that depend on the adopted stance regarding the relationship between the mind and the body. The multitude of views on these connections means that, despite ongoing analyses of the feasibility of such a process, it has not yet been clearly determined whether it could succeed. This article discusses the main assumptions of the concept of mind transfer. Additionally, it presents what I consider to be the most significant problems that make the concept of mind transfer a utopian vision promoted by transhumanists.

Key words: mind uploading, embodied mind, computational theory of mind, consciousness, transhumanism

1. Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój technologii oraz neuronauk w ostatnich dekadach znacząco zintensyfikował debatę nad możliwością cyfrowego odwzorowania ludzkie-

go umysłu. Jednym z najbardziej radykalnych projektów formułowanych w tym kontekście jest idea transferu umysłu (ang. *mind uploading*), zakładająca przeniesienie struktur oraz procesów mentalnych na niebiologiczny nośnik. Koncepcja ta zajmuje ważne miejsce w refleksji transhumanistycznej, w której to jest postrzegana jako potencjalna droga do przewyciężenia biologicznych ograniczeń człowieka. Analiza możliwości realizacji takiego przedsięwzięcia wymaga jednak uprzedniego rozważenia licznych fundamentalnych kwestii filozoficznych. Szczególne znaczenie ma problem relacji między umysłem a ciałem – od przyjętego stanowiska zależy ocena, czy procesy mentalne mogą zostać w pełni odwzorowane i odtworzone w innym medium. Dodatkowe trudności stwarzają nadal niepełna wiedza na temat funkcjonowania ludzkiego mózgu oraz brak powszechnie akceptowanej teorii świadomości.

Powodzenie transferu umysłu jest wizją zachęcającą przedstawicieli różnych dziedzin do podejmowania prób opracowywania metod, narzędzi i technik umożliwiających pełne odwzorowanie i symulowanie działania umysłu poza organizmem człowieka. W kolejnych częściach tekstu omówię główne założenia koncepcji transferu umysłu. Dodatkowo zaprezentuję najistotniejsze w mojej opinii problemy i ograniczenia, które sprawiają, że koncepcja transferu umysłu pozostaje jedynie utopijną wizją transhumanistów.

2. Główne założenia koncepcji transferu umysłu

„Transfer umysłu” definiuje się jako możliwy do zrealizowania w przyszłości proces polegający na przeniesieniu umysłu z biologicznego mózgu na inny nośnik (najczęściej określany jako komputer lub robot), co miałyby zostać dokonane przez zeskanowanie synaptycznych struktur różnych części mózgu, a następnie ściśle odwzorowanie struktur obliczeniowych, które w nim występują¹. Powodzenie takiego przedsięwzięcia zależy jednak od dokładnego poznania ludzkiego mózgu oraz umysłu i stworzenia ich modeli, które następnie można by przenieść na nośniki niebiologiczne². Proces transferu umysłu „polegałby na szczegółowym zbadaniu struktury mózgu, a następnie skonstruowaniu oprogramowania,

¹ N. Bostrom, *The Transhumanist FAQ: A General Introduction*, 2003, <https://www.nickbostrom.com/views/transhumanist.pdf> (dostęp: 15.02.2024).

² R. Kurzweil, *Nadchodzi Osobliwość. Kiedy człowiek przekroczy granice biologii*, tłum. E. Chodkowska, A. Nowosielska, Warszawa 2016.

które po uruchomieniu przez komputer zachowywałyby się w ten sam sposób co oryginalny mózg”³.

Zgodnie z założeniami transhumanistów transfer umysłu wymaga zatem:

1. dokładnego poznania ludzkiego mózgu i umysłu oraz stworzenia ich modeli;
2. zeskanowania synaptycznych struktur mózgu, a następnie ścisłego odwzorowania struktur obliczeniowych, które w nim występują;
3. skonstruowania oprogramowania umożliwiającego uruchomienie tak stworzonego „umysłu” na innym nośniku⁴.

Nick Bostrom wyróżnia trzy najważniejsze procesy niezbędne do realizacji transferu umysłu: skanowanie, tłumaczenie i symulacje⁵. Przeprowadzenie procesu skanowania mózgu przy wykorzystaniu zaawansowanego mikroskopu pozwoli zobrazować mikrostruktury i funkcjonalnie istotne właściwości tkanki. W procesie tłumaczenia dokonana zostanie zautomatyzowana analiza obrazu, która umożliwi przekształcenie surowych danych w jasny trójwymiarowy model ważnych elementów neuroobliczeniowych. Natomiast ostatni proces dzięki wykorzystaniu sprzętu o dużej mocy obliczeniowej pozwoli przeprowadzić symulację pracy całego mózgu. Oczekuje się, że przez odwzorowanie budowy tego narządu z zachowaniem funkcjonalnych właściwości poszczególnych jego części i przeprowadzenie symulacji działania na innym nośniku dojdzie do symulowania pracy umysłu człowieka.

Argumentacja zwolenników koncepcji transferu umysłu opiera się na przyjęciu obliczeniowej teorii umysłu (*computational theory of mind*), postulującej, że ludzki umysł funkcjonuje analogicznie do systemu komputerowego: myśli, procesy poznawcze oraz świadomość mogą być opisywane jako operacje na symbolach, które z kolei mogą być przetwarzane w sposób algorytmiczny. Zgodnie z tą teorią umysł można zrozumieć i modelować, wykorzystując narzędzia matematyki i informatyki.

Zakładając, że procesy umysłowo-poznawcze mają charakter wyłącznie obliczeniowy i polegają na pozyskiwaniu, przetwarzaniu oraz przekształcaniu informacji zgodnie z określonymi algorytmami, sam umysł może być traktowany

³ A. Sandberg, N. Bostrom, *Whole Brain Emulation: A Roadmap*, Oxford 2008, s. 7; jeśli nie wskazano inaczej, tłum. własne.

⁴ R. Kurzweil, *Nadchodzi Osobliwość...*, dz. cyt., s. 233–315.

⁵ N. Bostrom, *Superinteligencja. Scenariusze, strategie, zagrożenia*, [tłum. D. Konowrocka-Sawa], Gliwice 2016, s. 57–59.

jako rodzaj oprogramowania mózgu: „umysł należy uznać za *software* realizowany przez *hardware*, jakim jest mózg”⁶, a świadomość utożsamiana z obliczeniowym sposobem przetwarzania informacji przez ten narząd⁷. Mózg jest więc traktowany jak komputer, praca umysłu zaś stanowi rodzaj obliczeń⁸. Oznacza to, że człowiek jest zbiorem algorytmów realizujących różne procesy umysłowo-poznawcze, które mogą przebiegać niezależnie od istnienia ciała.

W teorii stworzenie kompletnego wzorca informacyjnego odwzorowującego pracę umysłu pozwoliłaby mu istnieć poza organizmem człowieka, ale zawsze przy wykorzystaniu jakiegoś nośnika fizycznego. Jak dotąd jedynym nośnikiem świadomości jest biologiczny mózg, którego działanie wynika z procesów ewolucyjnych. Koncepcja umysłu obliczeniowego w założeniach pomija jednak biologiczne i ewolucyjne czynniki mające wpływ na funkcje umysłowe. Zapomina się, że umysł nie powstał w sposób przypadkowy, lecz został wykształcony w wyniku ewolucji w celu rozwiązywania problemów związanych z przetrwaniem danych w zmiennych warunkach środowiskowych⁹.

Jednym z głównych wyzwań transhumanizmu i koncepcji transferu umysłu jest określenie, czym jest tożsamość osobowa w kontekście zmian technologicznych¹⁰. Zakładając, że proces transferu umysłu zakończyłby się powodzeniem, powstają pytania między innymi o to, czy osoba, której umysł przeniesiono na inny nośnik, nadal pozostaje tą samą jednostką; który umysł jest tym należącym do niej i co się dzieje z oryginalnym umysłem? Należy się ponadto zastanowić, czy transfer umysłu wpłynie na ciągłość doświadczeń; co stanie się, jeśli zostałaby ona przetrwana; czy przeniesiony umysł miałby dostęp do wcześniejszych doświadczeń?

Przyjmując, że umysł jest jedynie substratem, który umożliwia działanie programu, Susan Schneider sformułowała teorię konkretyzacji programu¹¹. Zakłada

⁶ M. Hohol, *Umysł: system sprzeczny, ale nie trywialny*, „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce” 2010, nr 47, s. 89.

⁷ M. Klinowski, *Funkcjonalizm obliczeniowy – kilka uwag z perspektywy ewolucyjnej*, „Rocznik Kognitywistyczny” 2008, t. 2, s. 37–44.

⁸ M. Pigliucci, *Mind Uploading: A Philosophical Counter-Analysis*, w: *Intelligence Unbound: The Future of Uploaded and Machine Minds*, red. R. Blackford, D. Broderick, New York 2014, s. 119–130.

⁹ M. Klinowski, *Funkcjonalizm obliczeniowy...*, dz. cyt., s. 43.

¹⁰ E. Olson, *The Metaphysics of Transhumanism*, w: *Human: A History (Oxford Philosophical Concepts)*, red. K. Hübner, New York 2022, s. 381–403.

¹¹ S. Schneider, *Świadome maszyny. Sztuczna inteligencja i projektowanie umysłów*, tłum. J. Bednarek, Warszawa 2021.

ona, że umysł jest bytem fizycznym, podobnym w działaniu do urządzenia, na którym uruchamiane jest konkretne oprogramowanie. Zgodnie z wytycznymi obliczeniowej teorii umysłu po wyodrębnieniu algorytmu realizowanego przez mózg możliwa stałaby się jego emulacja na innym nośniku, na przykład komputerze, a tym samym zostałyby dokonany transfer funkcji umysłu.

Uznając, że umysł jest czymś, co możemy separować, skopiować, a następnie uruchomić na innym nośniku, powinniśmy zdać sobie sprawę z tego, że otrzymalibyśmy wówczas dwa byty: pierwowzór i kopię, które mogłyby się rozwijać niezależnie od siebie. Oryginał pozostałby bowiem w pierwotnym substracie (w mózgu człowieka), a kopia rozpoczęłaby istnienie w nowym środowisku (na przykład w komputerze). Nie byłyby one jednak identyczne, a każde nowe doświadczenie zmieniałoby przebieg algorytmu. Pojawia się też pytanie o to, czy kopia byłaby wciąż tą samą osobą, czy może zupełnie nowym bytem, który byłby jedynie odbiciem oryginalnego umysłu¹². Kto w takim przypadku miałby prawo do tożsamości: kopia, która byłaby przekonana o tym, że jest oryginałem, czy oryginał, który nie zdaje sobie sprawy z istnienia kopii?

Teraz chciałabym przedstawić kilka problemów, które sprawiają, że proces transferu umysłu nie może zostać zrealizowany, a cała koncepcja jest utopijną wizją transhumanistów.

3. Problemy z transferem umysłu

Problem 1. Niedostateczna znajomość ludzkiego mózgu

Mózg pozostaje jednym z organów ludzkiego ciała, które najtrudniej poznać i w pełni zrozumieć. Wiedza na temat tego, jak działają procesy myślenia, emocje i świadomość, wciąż jest ograniczona. Bez głębszego poznania tych mechanizmów transfer umysłu może być niemożliwy do zrealizowania lub przynajmniej ryzykowny. Znajomość funkcjonowania mózgu pojedynczego organizmu mogłaby pozwolić na jego odwzorowanie i odtworzenie na innym nośniku. Aktualnie trwają intensywne prace nad stworzeniem funkcjonalnych modeli mózgu mniejszych organizmów, docelowo zaś zakłada się opracowanie modelu i odtworzenie działania ludzkiego mózgu na innym nośniku.

¹² S. Gäb, *Should You Upload Your Mind?*, „Think” 2023, nr 22(65), s. 33–37.

W 2005 roku rozpoczęto „Blue Brain Project”, którego celem jest próba zrozumienia sposobu funkcjonowania mózgu ssaków za pomocą inżynierii wstecznej, a następnie odtworzenie go na poziomie komórkowym dzięki użyciu specjalistycznego oprogramowania¹³. Budowa wirtualnego mózgu miałaby się odbyć w trzech etapach. W pierwszym nastąpiłaby akwizycja danych, polegająca na podzieleniu mózgu na cienkie plastry w celu dokonania ich analizy pod specjalnym mikroskopem, aby określić aktywność elektryczną poszczególnych neuronów. Później dokonane obserwacje zostałyby przełożone na język algorytmiczny i w tej formie zostały wykorzystane do wygenerowania ich wirtualnych kopii. Ostatni krok stanowiłoby przeprowadzenie symulacji, polegającej na wykorzystaniu matematycznego modelu do odtworzenia biologicznej sytuacji.

Pierwszym z etapów symulacji jest wejście, które polega na przekazywaniu przez komórki sensoryczne danych wejściowych, a następnie wytwarzaniu przez komórki czuciowe impulsów elektrycznych. Później odbywa się interpretacja impulsów elektrycznych odebranych przez mózg z neuronów. Na tej podstawie z narządu wysyłana jest odpowiedź przekazywana do komórek czuciowych. Możliwe jest również przechowywanie informacji przez neurony. Mózg analizuje stany, w jakich się znajdował, i na podstawie aktualnych potrzeb i wymagań może gromadzić oraz wykorzystywać przeszłe doświadczenia. Na bazie zapisanych stanów, jakie odnotował organ, komputer będzie mógł wykonać obliczenia. W celu wytworzenia danych wyjściowych mózg używa z kolei przechowywanych doświadczeń z przeszłości i odbieranych danych wejściowych. Symulację wykorzystuje się w celu dokładniejszego oszacowania prawdopodobieństwa uzyskania różnych wyników, które z kolei zależą od prędkości przeprowadzającego doświadczenia. Ostatnim etapem miałaby być wizualizacja otrzymanych wyników.

W 2007 roku Henry Markram ogłosił zakończenie pierwszego etapu projektu „Blue Brain”, podczas którego przeprowadzono wstępną symulację działania pojedynczej kolumny neuronalnej u szczura. Dzięki użyciu superkomputera IBM Blue Gene możliwa stała się integracja dostępnych informacji o szczegółowym rozmieszczeniu neuronów w każdej warstwie mózgu. Uzyskane w ten sposób dane pozwoliły na stworzenie modelu kolumny neuronalnej nowo narodzonego gryzonia. Dalsze prace polegały na wysyłaniu symulowanych impulsów elek-

¹³ S. Verma, B. Kohli, *Blue Brain*, „International Journal of Scientific and Research Publications” 2015, nr 5(10), s. 1–4.

trycznych do wirtualnej kolumny, co uaktywniało pracę neuronów w taki sposób, w jaki odbywa się to w żywym mózgu¹⁴.

Powodzenie „Blue Brain Project”, a także opracowane podczas niego metody i narzędzia pozwoliły rozpocząć nowe przedsięwzięcie – „Human Brain Project”. Jego głównym celem jest odtworzenie i symulacja działania ludzkiego mózgu. Powodzenie projektu ma się opierać na zrozumieniu sposobu, w jaki funkcjonuje ten narząd u ludzi, oraz poznaniu specyfiki dotyczących go chorób. W ten sposób naukowcy przybliżyliby się do przeprowadzenia symulacji naśladującej możliwości obliczeniowe, jakimi cechuje się ludzki mózg. Ma to być możliwe dzięki wykorzystaniu superkomputerów oraz analizie dużych zbiorów danych i dotychczas istniejących modeli tego organu. Mimo zaawansowanych prac i badań osiągnięcie takiego celu jest trudne, gdyż należy dokonać odtworzenia połączeń pomiędzy 100 bilionami synaps w mózgu, których sieci połączeń do tej pory nie udało się dokładnie zbadać¹⁵.

Trudność w przeprowadzeniu symulacji działania mózgu większych organizmów prowadzi do zintensyfikowania prac nad modelami symulującymi te procesy u mniejszych organizmów, takich jak muszka owocowa (łac. *Drosophila melanogaster*). Jej prosta budowa neurologiczna oraz krótki czas życia sprawiają, że często jest wykorzystywana w tym celu. Mózg muszki składa się z ponad 100 tysięcy neuronów, co jest stosunkowo niewielką liczbą w porównaniu do tego narządu u człowieka, ale jest to bardzo złożony i zorganizowany organ¹⁶. Co ważne, w październiku 2024 roku FlyWire Consortium ogłosiło stworzenie przełomowego symulatora komputerowego, dzięki któremu odwzorowano pracę wszystkich neuronów w mózgu dorosłej muszki owocowej¹⁷. Wykorzystując sztuczną inteligencję, zidentyfikowano i zmapowano neurony oraz ich wzajemne połączenia.

Zwolennicy koncepcji transferu umysłu zakładają, że poznanie i odwzorowanie „architektury” mózgu wystarczy do symulacji jego pracy na innym nośniku, a brak możliwości przeprowadzenia tego procesu ma jedynie charakter przejściowy. Ludzki mózg jest jednak złożony z kilkudziesięciu miliardów

¹⁴ H. Markram, *The Blue Brain Project*, „Nature Reviews” 2006, nr 7, s. 153–160.

¹⁵ H. Markram, *The Human Brain Project*, „Scientific American Magazine” 2012, t. 306, nr 5, s. 50–55.

¹⁶ P. Arena, L. Patanè, P.S. Termini, *A Computational Model for the Insect Brain*, w: *Spatial Temporal Patterns for Action-Oriented Perception in Roving Robots II*, red. P. Arena, L. Patane, Cham 2013, s. 43–80.

¹⁷ P. Schlegel i in., *Whole-Brain Annotation and Multi-Connectome Cell Typing of Drosophila*, „Nature” 2024, nr 634, s. 139–152.

neuronów zorganizowanych połączeniami synaptycznymi. Dodatkowo praca tego narządu jest ściśle powiązana z fizycznym ciałem oraz zachodzącymi w nim procesami fizjologicznymi i biochemicznymi. Organ ten jest też nośnikiem świadomości, doświadczeń i subiektywnych odczuć, które trudno odwzorować w technologicznej symulacji¹⁸. Z tego powodu idea transferu umysłu nie powinna skupiać się jedynie na poznaniu i odwzorowaniu ludzkiego mózgu, ale całego sposobu, w jaki funkcjonują nasze ciało i umysł. Jest to przy tym na tyle skomplikowany proces, że przeprowadzenie transferu umysłu jest bardzo odległą lub wręcz niemożliwą do zrealizowania wizją.

Problem 2. Niedostateczna definicja transferu umysłu

Przyjmując, że budowa ludzkiego mózgu zostanie w pełni poznana i zrozumiana, pewną niewiadomą pozostaje umysł, który ma zostać przeniesiony na inny nośnik. Funkcjonowanie umysłu człowieka jest wszak złożonym zjawiskiem, obejmującym myśli, emocje, pamięć i świadomość. Istnieje wiele teorii dotyczących tego, co składa się na nasz umysł, a różne dyscypliny mają odmienne podejścia do tego zagadnienia. Trudności zaś w ustaleniu jednolitej, powszechnie obowiązującej definicji umysłu komplikują próby zdefiniowania samego transferu.

Pytania o to, czy maszyna może myśleć, czy może dysponować czymś, co w działaniu przypominałoby ludzki umysł, czy może mieć świadomość, są przedmiotem niezliczonych dyskusji odbywających się w ostatnich kilkudziesięciu latach i jednymi z głównych zagadnień teorii umysłu. Dotychczas nie ustalono, jakie systemy fizyczne przyczyniają się do jego powstania. Zwolennicy transhumanizmu postulują jednak, że dzięki postęgowaniu się odpowiednimi obliczeniami możliwe byłoby odtworzenie pracy umysłu: „istnieje niepusta klasa obliczeń takich, że implementacja dowolnego obliczenia z tej klasy jest wystarczająca do [zaistnienia] umysłu, a w szczególności jest wystarczająca dla istnienia przeżycia świadomego”¹⁹.

Każdy człowiek doświadczający przeżyć świadomych ma subiektywne poczucie jakościowe doświadczanego przeżycia. Problem wyjaśniania świadomości

¹⁸ E. Mandelbaum, *Everything and More: The Prospects of Whole Brain Emulation*, „Journal of Philosophy” 2022, t. 119, nr 8, s. 444–459.

¹⁹ D. Chalmers, *Świadomy umysł. W poszukiwaniu teorii fundamentalnej*, tłum. M. Miłkowski, Warszawa 2010, s. 513.

dotyczy głównie tych własności. Uwzględniając indywidualny sposób postrzegania otaczającego świata i docierających bodźców, człowiek jest w stanie świadomie planować swoje działania oraz przewidywać czekającą go przyszłość dzięki znajomości swojej przeszłości i podjętych do tej pory decyzji. Należałoby więc rozstrzygnąć, jakiego rodzaju obliczenia są potrzebne do zaistnienia przeżyć świadomych.

Inną składową umysłu są realizowane przez mózg procesy poznawcze. Organ ten wywołuje i rejestruje bowiem każdą aktywność umysłową, którą podejmuje człowiek i która jest uzależniona od jego działania. Jest też miejscem realizowania procesów niezbędnych do powstania procesów mentalnych²⁰; jest przy tym połączony z ludzkim ciałem i nieustannie odbiera bodźce pochodzące z receptorów rozmieszczonych w wielu miejscach.

Pogląd, że świadomość i procesy poznawcze mają formę obliczeń, prowadzi do akceptacji obliczeniowej teorii umysłu i uznania, że „wyjaśnianie obliczeniowe jest dziś najlepszym narzędziem eksplanacji funkcjonowania złożonych systemów przetwarzania informacji”²¹. Zwolennicy koncepcji transferu umysłu zakładają w dodatku, że umysł jest zjawiskiem niezależnym od substratu, a co za tym idzie możliwa jest jego separacja, emulacja przez komputer i przenoszenie pomiędzy materialnymi nośnikami. Stany mentalne utożsamiane są zatem ze stanami obliczeniowymi, co powoduje, iż ludzki umysł traktowany jest w ten sam sposób co program komputerowy, a tym samym można go przenieść do pamięci maszyny²².

Takie podejście nie jest jednak na tyle dokładne, aby rozwiązać problemy związane z ideą transferu umysłu. Prezentuje jedynie cząstkowe wyjaśnienia mechanizmów związanych z przeniesieniem świadomości na inny substrat. Nawet dokładne odwzorowanie budowy i funkcjonowania ludzkiego mózgu oraz odтворzenie go na innym nośniku mogłoby się okazać niewystarczające. Przede wszystkim nie istnieje bowiem jednolita definicja świadomości. Mamy wiele koncepcji, których celem jest wyjaśnienie jej natury, nadal jednak jest to temat badań filozoficznych i naukowych, a bez zrozumienia tego aspektu trudno wyobrazić sobie transfer umysłu.

²⁰ W. Duch, *Geometryczny model umysłu*, „Kognitywistyka i Media w Edukacji” 2002, nr 6, s. 199–230.

²¹ M. Miłkowski, *Obliczeniowe teorie świadomości*, „Analiza i Egzystencja” 2010, nr 11, s. 150.

²² R. Kurzweil, *Nadchodzi Osobliwość...*, dz. cyt., s. 184–192.

Działanie świadomości, będącej kluczowym elementem umysłu, pozostaje jednym z najbardziej tajemniczych zjawisk. Mimo ciągłego poszerzania wiedzy dotyczącej procesów biologicznych wciąż pojawiają się liczne niewiadome odnośnie do ich wpływu na powstawanie subiektywnych doświadczeń. Bez pełnego zrozumienia świadomości trudno natomiast w ogóle mówić o transferze tego stanu do innego nośnika. Do tego, by koncepcja transferu umysłu mogła być realistycznym scenariuszem, niezbędna jest wiedza na temat tego, co dokładnie oznacza słowo „transfer” i w jaki sposób należy go przeprowadzić, aby świadomość została odtworzona w dokładnie taki sam sposób jak w oryginalnym mózgu.

Problem 3. Związek umysłu z ciałem

Wspomniana wcześniej obliczeniowa teoria umysłu pomija oddziaływanie między umysłem i ciałem. Chcąc zaś rozpatrywać kwestie przeprowadzenia transferu umysłu, należy zastanowić się nad relacją łączącą te elementy.

Zgodnie z teorią umysłu ucieleśnionego (*embodied mind*) umysł i ciało są ze sobą powiązane, a procesy poznawcze bezpośrednio łączą się z interakcją ciała ze światem. Rzutuje to na indywidualny sposób, w jaki przetwarzana jest każda informacja z osobna, docierająca do człowieka²³.

Margaret Wilson wyróżniła sześć głównych aspektów poznania ucieleśnionego²⁴:

1. umiejscowienie poznania w środowisku, gdyż każdy proces poznawczy skupia się na interakcji podmiotu poznającego z realnie istniejącym otoczeniem i wymaga zarówno percepcji, jak i działania;
2. pozostawanie poznania pod presją czasu, co oznacza, że funkcjonuje ono w czasie rzeczywistym jako interakcja z otoczeniem;
3. wykorzystanie środowiska w celu zmniejszenia obciążenia ludzkiego systemu poznawczego – może ono przechowywać, utrzymywać lub manipulować informacjami, które człowiek może wykorzystać, gdy tego potrzebuje;

²³ M. Hohol, *Ucieleśniony podmiot: od wspólnej rozmaitości do „ja”*, w: *Spór o podmiotowość. Perspektywa interdyscyplinarna*, red. A. Warmbier, Kraków 2016, s. 177–190.

²⁴ M. Wilson, *Six Views of Embodied Cognition*, „Psychonomic Bulletin & Review” 2002, t. 9, nr 4, s. 625–636.

4. traktowanie otoczenia jako części systemu poznawczego człowieka, co w praktyce oznacza, że naukowcy badający ludzki umysł muszą się odnosić również do jego relacji ze światem zewnętrznym;
5. kierowanie działaniem, które jest zadaniem procesów poznawczych oraz samego umysłu;
6. powiązanie relacji umysł–środowisko z ciałem człowieka – procesy poznawcze powstają w wyniku interakcji z rzeczywistością zewnętrzną i są ograniczone przez fizyczną barierę, jaką stanowi ciało, podczas gdy poznanie ucieleśnione jest relacją dwustronną: z jednej strony skupia się na sobie, w jaki zmieniają się różnego rodzaju aktywności poznawcze w zależności od posiadanego przez podmiot poznający ciała, z drugiej rozważa sposób reprezentacji ciała i przetwarzania informacji o nim w umyśle.

Według tego poglądu do prawidłowego przebiegu procesów poznawczych, takich jak spostrzeganie czy myślenie, potrzebne jest całe ciało istoty poznającej, a praca umysłu jest kształtowana przez cały ludzki organizm.

Teoria umysłu i poznania ucieleśnionego stoi przy tym w opozycji do innych poglądów, takich jak dualizm kartezjański czy obliczeniowa teoria umysłu. Na taki stosunek do poznania wskazują wyniki wielu badań, które mówią między innymi, że poznanie może być ukierunkowywane i kształtowane przez stany ciała oraz środowiska, wszelkie zaś procesy poznawcze wpływają na stany ciała i odwrotnie²⁵. Teoria umysłu ucieleśnionego głosi, że to, czym jest i w jaki sposób funkcjonuje umysł, zależy od biologicznego nośnika, jakim jest ciało człowieka²⁶.

Andy Clark i David Chalmers przedstawili teorię umysłu rozszerzonego (*extended mind*), zgodnie z którą umysł rozszerza się o zewnętrzne obiekty stanowiące przedłużenie jego funkcji²⁷. Koncepcja ta zakłada, że niedoskonałości i niedyspozycje ciała nie tworzą już fizycznej bariery procesów poznawczych²⁸. Dzięki wykorzystaniu zewnętrznych narzędzi część funkcji umysłu może zo-

²⁵ A. Wilson, S. Golonka, *Embodied Cognition Is Not What You Think It Is*, „Frontiers in Psychology” 2013, nr 4(585), s. 1–13.

²⁶ M.L. Cappuccio, *Mind-Upload: The Ultimate Challenge to the Embodied Mind Theory*, „Phenomenology and the Cognitive Sciences” 2017, nr 6, s. 425–448.

²⁷ A. Clark, D. Chalmers, *Umysł rozszerzony*, w: *Analityczna metafizyka umysłu. Najnowsze kontrowersje*, red. M. Miłkowski, R. Poczobut, Warszawa 2008, s. 342–357.

²⁸ R. Clowes, K. Gaertner, I. Hipolito, *The Mind-Technology Problem and the Deep History of Mind Design*, w: *The Mind-Technology Problem – Investigating Minds, Selves and 21st Century Artifacts*, red. R. Clowes, K. Gaertner, I. Hipolito, Berlin 2021, s. 1–45.

stać na nie przeniesiona i przez nie realizowana²⁹. Człowiek, wchodząc w coraz większą symbiozę z maszynami, stopniowo przesuwa i przekracza ograniczenia biologiczne, co jednak nie oznacza, że praca jego umysłu zostaje niezależniona od ciała.

Każdy umysł kształtuje się przez pryzmat tego, w jaki sposób zakorzeniony jest w środowisku, jakie bodźce do niego docierają i w jaki sposób są one interpretowane przez mózg. Sposób rozumienia świata zewnętrznego jest więc zależny od sygnałów docierających do receptorów zmysłowych zlokalizowanych w ludzkim ciele. Jego struktura zaś warunkuje poznawanie rzeczywistości, w tym innych organizmów. Emocje, mimika, gesty, ruch ciała czy zachowanie – wszystkie te elementy wpływają na jej rozumienie.

Badania wskazują, że język, którym posługuje się człowiek, jest ucieleśniony: słowa odbierane za pomocą słuchu są przetwarzane przez mózg i aktywują poszczególne obszary mózgu, grupy mięśni, narządy, kończyny itp. Pomiar dokonany na przykład z wykorzystaniem EMG pokazuje, że odczytanie wyrazu związanego z poszczególnymi emocjami aktywuje mięśnie twarzy i wywołuje mikroekspresje³⁰. Emocje należy zatem analizować w odniesieniu do kontekstu ich wystąpienia. Natomiast sposób, w jaki reagują ciało i mózg na daną sytuację, są zależne od znaczenia, jakie nadamy docierającym do nas bodźcom³¹.

Koncepcja transferu umysłu i teoria umysłu ucieleśnionego wzajemnie się wykluczają, przez co nie jest możliwe przeprowadzenie transferu przy jednoczesnej akceptacji opisanej teorii umysłu. Połączenia i relacje, które występują pomiędzy poszczególnymi komórkami w mózgu oraz w całym ciele, nie przebiegają bowiem według ściśle określonego schematu. Ponadto wszystkie te procesy zachodzą w kontekście informacji, które dotarły do umysłu ze świata zewnętrznego przez zmysły, a każde z doświadczeń zmysłowych ma indywidualne własności.

Cały organizm, z uwzględnieniem organicznego ciała i umysłu, stanowi niezwykle skomplikowaną strukturę, której odtworzenie w pamięci komputera wydaje się niemożliwe. Zgodnie z koncepcją umysłu ucieleśnionego jego treści

²⁹ A. Gunia, G.J. Nalepa, *Człowiek z modułów – analiza adaptacyjności umysłu i ciała do wytworów techniki i technologii w kontekście teorii poznania rozszerzonego i ucieleśnionego*, „Rocznik Kognitywistyczny” 2015, t. 8, s. 1–11.

³⁰ P. Niedenthal i in., *Embodiment of Emotion Concepts*, „Journal of Personality and Social Psychology” 2009, t. 96, nr 6, s. 1120–1136.

³¹ L. Feldman Barrett, *The Theory of Constructed Emotion: An Active Inference Account of Interoception and Categorization*, „Social Cognitive and Affective Neuroscience” 2017, t. 12, nr 1, s. 1–23.

nie znajdują się jedynie w mózgu, a tym samym przeniesienie jego struktury na inny nośnik nie pozwoli na przeniesienie wspomnianych treści. Musimy bowiem brać pod uwagę, że każdy człowiek w zupełnie inny sposób odbiera bodźce napływające ze środowiska i inaczej je rozumie oraz odczuwa, a ich przetwarzanie jest kwestią indywidualną i trudną do odtworzenia. Z tego powodu, nawet jeśli możliwości techniczne pozwoliłyby na transfer umysłu do urządzenia wraz z całym zasobem emocji, wspomnień i doświadczeń, otrzymany w efekcie wirtualny umysł byłby jedynie wiernym odwzorowaniem funkcjonowania umysłu w ciele człowieka, ale sam w sobie nie byłby zdolny do generowania indywidualnych stanów umysłowych. Nawet jeśli świadomość zostanie wytworzona sztucznie, będzie ona pozbawiona indywidualnych własności, które wynikają z ludzkiej biologii i subiektywnych doświadczeń, nie będzie identyczna z tą w ludzkim umyśle³². Do uzyskiwania własnych stanów mentalnych niezbędne jest czerpanie informacji płynących z mózgu i ciała, które znacząco wpływają na to, jak człowiek postrzega rzeczywistość.

Problem 4. Ograniczenia technologiczne

Gualtiero Piccinini wyróżnił dwie drogi prowadzące do przesłania umysłu do komputera³³:

1. opracowanie szczegółowej symulacji obliczeniowej pojedynczego mózgu w komputerze, a tym samym dokonanie symulacji jego pracy (*brain simulation*);
2. stopniowe zastępowanie poszczególnych części mózgu sztucznymi komponentami (protezami) do momentu, aż organ zostanie całkowicie wymieniony (*brain replacement*).

Odwzorowanie pracy mózgu, które byłoby niezbędne do osiągnięcia cyfrowej nieśmiertelności, wymagałoby skonstruowania drobiazgowo zaprogramowanego symulatora. Byłby on jednak obciążony wieloma błędami, przez co osiągnięty efekt mógłby się okazać całkowicie różny od oczekiwanego. Przede wszystkim poznawanie i odwzorowywanie położenia oraz funkcji poszczególnych neuro-

³² J. Jonkisz, *Pojęcie świadomości w kognitywistyce i filozofii umysłu – próba systematyzacji*, „Filozofia Nauki” 2012, nr 2(78), s. 29–55.

³³ G. Piccinini, *The Myth of Mind Uploading*, w: *The Mind-Technology Problem...*, dz. cyt., s. 125–144.

nów czy sieci ich wzajemnych połączeń mogłoby się odbyć jedynie przez dezaktywowanie pracy mózgu. Badając poszczególne komponenty, bylibyśmy wówczas w stanie opracować symulację ludzkiego mózgu, pozbawioną jednak właściwości dynamicznych. Na powodzenie działania symulacji wpłynęłyby również błędy pomiarowe i przybliżenia liczbowe, z którymi wiąże się każdy proces. Analizując i kategoryzując sieć neuronalną mózgu, musimy zatem przyjąć, że wszystkie dane, które uzyskujemy, zawierają pewien margines błędu (nawet jeśli będzie on niewielki, może znacząco wpłynąć na przebieg symulacji)³⁴.

Dodatkowo mamy ograniczoną wiedzę dotyczącą struktury i dynamiki mózgu, a także ludzkiego umysłu. Nie jesteśmy przez to w stanie odwzorować z zachowaniem wszystkich szczegółów ich budowy, a co za tym idzie jakakolwiek symulacja stanowiłaby jedynie przybliżone funkcjonowanie rzeczywistego systemu. Zwolennicy transferu umysłu często stosują też pewne uproszczenia pozwalające na tworzenie symulacji, które odwzorowują jedynie najważniejsze cechy i funkcje ludzkiego umysłu. Może się natomiast okazać, że to, co zostało pominięte, odgrywało zasadniczą rolę w danym procesie, przez co nie może być on symulowany w identyczny sposób, jak dany proces przebiega w organizmie ludzkim.

Jeszcze innym aspektem są skończone zasoby obliczeniowe. Zgodnie z prawem Moore'a moc obliczeniowa komputerów zwiększa się wykładniczo w czasie, dlatego entuzjaści transferu umysłu jako prawdopodobne uznają, że w przyszłości zostanie stworzona maszyna spełniająca wymagania obliczeniowe potrzebne do przeprowadzenia transferu umysłu. Nie jest to jednak pewne i może się okazać, że w wyniku ograniczeń fizycznych i ekonomicznych moc obliczeniowa komputerów w pewnym momencie osiągnie maksimum.

Z tych wszystkich powodów skonstruowanie maszyny zdolnej do przeprowadzenia szczegółowej symulacji mózgu prawdopodobnie nigdy nie będzie wykonalne³⁵.

Nieco inny scenariusz byłby możliwy dzięki wymianie poszczególnych komponentów mózgu na protezy. Coraz częściej używane są dziś bowiem neuroprotezy zastępujące uszkodzone komponenty biologiczne. W celu dokonania transferu umysłu każda część mózgu musiałaby jednak zostać zastąpiona sztuczną, która byłaby w dodatku zdolna do ewoluowania w czasie tak samo jak ludzki mózg i umysł.

³⁴ Tamże, s. 130.

³⁵ Tamże, s. 134.

Problemem z przeprowadzeniem takiej wymiany jest przede wszystkim czas, który byłby wymagany do zakończenia tego procesu. Nawet gdybyśmy znali pełną „architekturę” mózgu, mnogość neuronów i połączeń, zastąpienie każdego z nich sztucznym elementem zajęłoby co najmniej kilka tysięcy lat, a na pewno więcej, niż żyje ludzki mózg. Poza tym wprowadzenie do organu sztucznej protezy ingeruje w tkankę nerwową, co może ją uszkodzić. Najważniejszą przeszkodą uniemożliwiającą taką wymianę jest jednak nasza ograniczona wiedza na temat struktury, funkcji i dynamiki mózgu³⁶.

Przeniesienie umysłu na inny nośnik wymagałoby znacznych postępów w technologii, zwłaszcza w rozumieniu ludzkiego umysłu i sposobu przechowywania w nim informacji. Przy czym różnorodność ludzkich emocji, wspomnień i doświadczeń sprawia, że jest to niezwykle skomplikowane zadanie. Krytycy wskazują, że aktualna wiedza naukowa i technologia mogłyby być niewystarczające do przeprowadzenia takiego transferu.

Transfer umysłu wymagałby zdolności do skopiowania ogromnych ilości danych (pamięci, emocji, doświadczeń) w sposób, który zachowałby ich strukturalne i funkcjonalne właściwości. Wyzwanie stwarza nie tylko ilość danych, ale też to, jak są one zorganizowane i ze sobą związane. Technologia potrzebna do transferu umysłu na obecnym etapie rozwoju może być niewystarczająca. Konieczne byłoby poczynienie ogromnych postępów w zakresie sztucznej inteligencji, neurotechnologii, a także sprzętu komputerowego i metod przechowywania danych. Jakikolwiek awarie lub błędy w procesie mogłyby jednocześnie prowadzić do utraty informacji lub nieprawidłowego funkcjonowania przeniesionego umysłu.

Podsumowując, należy więc stwierdzić, że mimo postępu w dziedzinie neurobiologii nie dysponujemy wystarczającą technologią do zbadania, zmapowania i przeniesienia pełnego modelu umysłu do innego nośnika. Obecnie dostępne metody skanowania mózgu są dalekie od tego, aby oddać pełen obraz jego funkcjonowania.

4. Wnioski. Czy transfer umysłu ma szanse powodzenia?

Obecnie transfer umysłu jest procesem niewykonalnym. Mimo ciągle trwających badań i rozważań nad możliwością jego przeprowadzenia ostateczne powodzenie

³⁶ Tamże, s. 134–136.

procesu zdaje się utopijną wizją. Nawet jeśli część trudności ma charakter jedynie czasowy, a opracowanie zaawansowanych narzędzi pozwoli dokonać funkcjonalnej symulacji ludzkiego mózgu, co do tej pory udało się osiągnąć w wypadku mózgów prostszych organizmów, to wydaje się, że teoria umysłu ucieleśnionego ma silne argumenty przeciwko jakimkolwiek możliwościom przeprowadzenia transferu umysłu.

Przed wszystkim idea przeniesienia ludzkiej świadomości do sztucznego nośnika pomija ściśle połączenie sposobu funkcjonowania umysłu z ciałem człowieka, a tym samym przewiduje możliwość prawidłowego działania umysłu poza ludzkim organizmem. Zakłada przy tym, że do osiągnięcia sukcesu w kwestii transferu wystarczające będzie dokładne poznanie i odwzorowanie struktury ludzkiego mózgu. Pomija ona jednak to, że umysł odłączony od biologicznego nośnika i oderwany od środowiska zewnętrznego nie będzie w stanie funkcjonować w sposób, w jaki działał, gdy znajdował się w ludzkim ciele.

Analizując przypadki uszkodzeń różnych obszarów mózgu, można bowiem zauważyć, jak mocno wpływały one na funkcjonowanie umysłu. Ludzki mózg i umysł są na tyle skomplikowanymi strukturami, że nawet jeśli ich działanie zostanie odtworzone, nie będzie to oznaczało, że maszyna pracuje w taki sam sposób jak ludzki organ. Będzie ona potrafiła jedynie naśladować ich dotychczasową pracę. Z kolei rozszerzając działanie umysłu o zewnętrzne narzędzia, możemy pokonać wyłącznie część naturalnych ograniczeń. Sam przebieg procesu umysłowego może zatem zostać tylko wzbogacony i udoskonalony o możliwości, jakie dają „przedłużenia umysłu”, ale istota działania umysłu dalej będzie się opierać na jego związku z ciałem.

Podobną przeszkodę dla powodzenia transferu umysłu stwarza złożoność ludzkich emocji. Zdolność do odczuwania stanów emocjonalnych nie wynika przy tym jedynie z pracy mózgu, lecz bazuje na funkcjonowaniu całego organizmu. Emocje są też głęboko osadzone w kulturze, środowisku i interakcjach międzyludzkich. Ich odseparowanie od ciała jest więc niemożliwe. W przypadku człowieka emocje nie stanowią bowiem tylko odpowiedzi na bodźce, ale oparte są na świadomym przeżywaniu stanów emocjonalnych. W sztucznym systemie możliwe jest jedynie odwzorowanie ekspresji emocji, ponieważ taki twór jest pozbawiony subiektywnej, związanej z ciałem części doświadczenia emocjonalnego, a tym samym nie może odczuwać emocji. Ucieleśnienie emocji nie pozwala zatem na powodzenie transferu umysłu.

Pomijając wskazane kwestie i przyjmując idee obliczeniowej teorii umysłu przy założeniu, że wszystkie wymagania techniczne zostaną spełnione, niewiadomą pozostaje jakość takiej emulacji. Każda z maszyn stosuje jednak różnego rodzaju pominięcia (redukcję informacji), co ostatecznie przekłada się na wynik jej pracy. Może to spowodować, że ostateczny efekt, w zależności od przyjętych parametrów, będzie się znacząco różnić od tego, który uzyskano dzięki podobnemu przybliżeniu.

Kopia nie będzie również identycznym odwzorowaniem pierwowzoru. Z pozoru niewielkie różnice pomiędzy nimi mogą się dodatkowo pogłębiać w trakcie dalszego istnienia. Oryginał i jego odwzorowanie staną się jednak niezależnymi od siebie, indywidualnymi bytami. Czy będzie to więc oznaczało, że umysł został z powodzeniem przeniesiony, jeśli nadal będzie istniał w obrębie człowieka?

Zwolennicy koncepcji transferu umysłu widzą w niej duże szanse na uzyskanie nieśmiertelności, jednak oznaczałaby ona jedynie nieśmiertelność kopii, a nie pierwowzoru. Byłaby to w dodatku nieśmiertelność względna, ponieważ umysł pozbawiony połączenia z ludzkim ciałem nadal wymagałby fizycznego nośnika. Zniszczenie substratu, na którym byłby umieszczony, oznaczałoby zniszczenie umysłu. Należy też zdać sobie sprawę, że całkowita emulacja mózgu prawdopodobnie nie byłaby osiągalna. Możliwa byłaby jedynie symulacja działania umysłu, nie zaś całkowite przeniesienie jego pracy z ludzkiego ciała do maszyny.

Z przedstawionych w artykule rozważań wynika, że transfer umysłu przy akceptacji ucieleśnionej teorii umysłu jest niemożliwy do wykonania. Zasadnicze trudności, takie jak brak możliwości wyodrębnienia i odseparowania umysłu od ciała człowieka czy duże różnice między oryginałem a kopią, powodują, że transfer umysłu można traktować jedynie jako utopijną wizję recepty na ludzką nieśmiertelność. Nawet jeśli pokonane zostaną trudności techniczne, przeniesiony do maszyny mózg będzie wyłącznie nieidealnym odwzorowaniem pierwowzoru – jego uproszczoną repliką.

Bibliografia

- Arena P., Patanè L., Termini P.S., *A Computational Model for the Insect Brain*, w: *Spatial Temporal Patterns for Action-Oriented Perception in Roving Robots II*, red. P. Arena, L. Patanè, Springer, Cham 2013, s. 43–80.
- Bostrom N., *Superinteligencja. Scenariusze, strategie, zagrożenia*, [tłum. D. Konowrocka-Sawa], Helion, Gliwice 2016.
- Bostrom N., *The Transhumanist FAQ: A General Introduction*, 2003, <https://www.nickbostrom.com/views/transhumanist.pdf> (dostęp: 15.02.2024).
- Cappuccio M.L., *Mind-Upload: The Ultimate Challenge to the Embodied Mind Theory*, „Phenomenology and the Cognitive Sciences” 2017, nr 6, s. 425–448.
- Chalmers D., *Świadomy umysł. W poszukiwaniu teorii fundamentalnej*, tłum. M. Miłkowski, PWN, Warszawa 2010.
- Clark A., Chalmers D., *Umysł rozszerzony*, w: *Analityczna metafizyka umysłu. Najnowsze kontrowersje*, red. M. Miłkowski, R. Poczobut, IFiS PAN, Warszawa 2008, s. 342–357.
- Clowes R., Gaertner K., Hipolito I., *The Mind-Technology Problem and the Deep History of Mind Design*, w: *The Mind-Technology Problem – Investigating Minds, Selves and 21st Century Artifacts*, red. R. Clowes, K. Gaertner, I. Hipolito, Springer, Berlin 2021, s. 1–45.
- Duch W., *Geometryczny model umysłu*, „Kognitywistyka i Media w Edukacji” 2002, nr 6, s. 199–230.
- Feldman Barrett L., *The Theory of Construed Emotion: An Active Inference Account of Interoception and Categorization*, „Social Cognitive and Affective Neuroscience” 2017, t. 12, nr 1, s. 1–23.
- Gäb S., *Should You Upload Your Mind?*, „Think” 2023, nr 22(65), s. 33–37.
- Gunia A., Nalepa G.J., *Człowiek z modułów – analiza adaptacyjności umysłu i ciała do wytworów techniki i technologii w kontekście teorii poznania rozszerzonego i ucieleśnionego*, „Rocznik Kognitywistyczny” 2015, t. 8, s. 1–11.
- Hohol M., *Ucieleśniony podmiot: od wspólnej rozmaitości do „ja”*, w: *Spór o podmiotowość. Perspektywa interdyscyplinarna*, red. A. Warmbier, Księgarnia Akademicka, Kraków 2016, s. 177–190.
- Hohol M., *Umysł: system sprzeczny, ale nie trywialny*, „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce” 2010, nr 47, s. 89–108.
- Jonkisz J., *Pojęcie świadomości w kognitywistyce i filozofii umysłu – próba systematyzacji*, „Filozofia Nauki” 2012, nr 2(78), s. 29–55.

- Klinowski M., *Funkcjonalizm obliczeniowy – kilka uwag z perspektywy ewolucyjnej*, „Rocznik Kognitywistyczny” 2008, t. 2, s. 37–44.
- Kurzweil R., *Nadchodzi Osobliwość. Kiedy człowiek przekroczy granice biologii*, tłum. E. Chodkowska, A. Nowosielska, Kurhaus Publishing, Warszawa 2016.
- Mandelbaum E., *Everything and More: The Prospects of Whole Brain Emulation*, „Journal of Philosophy” 2022, t. 119, nr 8, s. 444–459.
- Markram H., *The Blue Brain Project*, „Nature Reviews” 2006, nr 7, s. 153–160.
- Markram H., *The Human Brain Project*, „Scientific American Magazine” 2012, t. 306, nr 5, s. 50–55.
- Miłkowski M., *Obliczeniowe teorie świadomości*, „Analiza i Egzystencja” 2010, nr 11, s. 133–154.
- Miłkowski M., Poczobut R., *Czym jest i jak istnieje umysł?*, „Diametros” 2005, nr 3, s. 27–55.
- Niedenthal P., Winkielman P., Mondillon L., Vermeulen N., *Embodiment of Emotion Concepts*, „Journal of Personality and Social Psychology” 2009, t. 96, nr 6, s. 1120–1136.
- Olson E., *The Metaphysics of Transhumanism*, w: *Human: A History (Oxford Philosophical Concepts)*, red. K. Hübner, Oxford University Press, New York 2022, s. 381–403.
- Piccinini G., *The Myth of Mind Uploading*, w: *The Mind-Technology Problem – Investigating Minds, Selves and 21st Century Artifacts*, red. R.W. Clowes, K. Gartner, I. Hipolitos, Springer, Berlin 2021, s. 125–144.
- Pigliucci M., *Mind Uploading: A Philosophical Counter-Analysis*, w: *Intelligence Unbound: The Future of Uploaded and Machine Minds*, red. R. Blackford, D. Broderick, Wiley Blackwell, New York 2014, s. 119–130.
- Sandberg A., Bostrom N., *Whole Brain Emulation: A Roadmap*, Oxford University, Oxford 2008.
- Schlegel P. i in., *Whole-Brain Annotation and Multi-Connectome Cell Typing of Drosophila*, „Nature” 2024, nr 634, s. 139–152.
- Schneider S., *Świadome maszyny. Sztuczna inteligencja i projektowanie umysłów*, tłum. J. Bednarek, PWN, Warszawa 2021.
- Verma S., Kohli B., *Blue Brain*, „International Journal of Scientific and Research Publications” 2015, nr 5(10), s. 1–4.
- Wilson A., Golonka S., *Embodied Cognition Is Not What You Think It Is*, „Frontiers in Psychology” 2013, nr 4(585), s. 1–13.
- Wilson M., *Six Views of Embodied Cognition*, „Psychonomic Bulletin & Review” 2002, t. 9, nr 4, s. 625–636.