Poza mechanizmem: wielopoziomowa architektura pamięci w kontekście książki How to Change a Memory Steve'a Ramireza

AUTOR

Fundacja Dobre Państwo

STRESZCZENIE / ABSTRACT

Artykuł analizuje problem redukcjonizmu w neuronauce, wskazując, że opis biologiczny engramu nie jest równoważny pełnemu wyjaśnieniu ludzkiej pamięci. Autor przywołuje model Davida Marra oraz koncepcję mechanizmów zagnieżdżonych Cravera i Bechtela, aby wykazać, że procesy zapamiętywania należy badać na wielu poziomach: od molekularnych i komórkowego, przez poznawczy, aż po autobiograficzny i kulturowy. Tekst argumentuje, że choć interwencje ontogenetyczne potwierdzają materialny substrat pamięci, nie czynią one zbędnymi kategorii psychologicznych i społecznych. Pamięć jest zatem systemem złożonym, w którym fizyczna implementacja współistnieje z autonomicznymi poziomami znaczeń, tworząc mozaikową jedność wyjaśniania.

The article analyzes the problem of reductionism in neuroscience, pointing out that the biological description of the engram is not equivalent to a full explanation of human memory. The author invokes David Marr's model and Craver and Bechtel's concept of nested mechanisms to show that remembering processes should be studied at multiple levels: from molecular and cellular, through cognitive, to autobiographical and cultural. The text argues that although ontogenetic interventions confirm the material substrate of memory, they do not render psychological and social categories redundant. Memory is thus a complex system in which physical implementation coexists with autonomous levels of meaning, creating a mosaic unity of explanation.

Artykuł stanowi krytyczną analizę neuroredukcjonizmu w badaniach nad pamięcią, przeciwstawiając biologiczny opis engramu wielopoziomowej strukturze ludzkiego doświadczenia. Autor argumentuje, że choć materialny substrat neuronowy jest niezbędnym warunkiem istnienia wspomnień, to samo zidentyfikowanie populacji komórek nie wyczerpuje znaczenia pamięci. Główna teza zakłada konieczność przyjęcia materialistycznego pluralizmu: wyjaśnienie procesu zapamiętywania wymaga integracji poziomów molekularnych i sieciowych z perspektywą psychologiczną, autobiograficzną oraz kulturową. Tekst dowodzi, że semantyka wspomnienia – czyli to, co czyni dany obraz „domem dzieciństwa" czy „traumą" – jest relacyjna i rozproszona; nie wynika z samej geometrii wzorca neuronalnego, lecz z miejsca, jakie reprezentacja zajmuje w historii życia jednostki i jej kontekście społecznym. W konsekwencji, każda próba technologicznej „edycji" pamięci musi być rozpatrywana nie tylko jako interwencja biologiczna, ale przede wszystkim jako działanie na tożsamość osoby, której sens jest procesualny i nieustannie renegocjowany.

SŁOWA KLUCZOWE

wielopoziomowa architektura pamięci | neuroredukcjonizm | engram | materialistyczny pluralizm wyjaśniający | tożsamość narracyjna | Self-Memory System | representational drift | wielokrotna realizacja | słaba emergencja | informacja semantyczna | mechanizmy zagnieżdżone | neuroetyka ingerencji w pamięć | model Davida Marra | plastyczność synaptyczna

Opis biologiczny nie wyczerpuje znaczenia pamięci

Mechanizm nie jest jeszcze znaczeniem: granice neuroredukcjonizmu i wielopoziomowa nauka o pamięci

Sukces neuronauki w badaniach nad engramem tworzy intelektualną pokusę szczególnego rodzaju. Skoro potrafimy wskazać populację komórek aktywnych podczas doświadczenia, oznaczyć ją genetycznie, sztucznie reaktywować, zmienić jej walencję, wpływać na dostępność informacji czy obserwować reorganizację połączeń, łatwo ulec pokusie przejścia od uzasadnionej tezy o materialnym substracie pamięci do znacznie mocniejszego twierdzenia: że pełny opis tego

substratu będzie równoważny pełnemu wyjaśnieniu ludzkiej pamięci. Te dwie tezy nie są jednak tożsame.

Pierwsza z nich mieści się w ramach ugruntowanego programu biologicznego. Druga jest natomiast stanowiskiem filozoficznym dotyczącym relacji między poziomami opisu; wymaga ona osobnego uzasadnienia i nie wynika automatycznie z żadnego eksperymentu optogenetycznego. Autor książki częściowo przekracza prosty redukcjonizm, opisując pamięć jako proces biologiczny, który jednocześnie umożliwia zmianę znaczenia doświadczeń, przepracowywanie traum i utrzymywanie psychicznej integralności. Nie przedstawia jednak rozbudowanej teorii łączącej opis komórkowy z wymiarem psychologicznym, autobiograficznym i kulturowym. W tym miejscu nie wystarczy ani język molekularny, ani humanistyczna metafora. Potrzebny jest model wyjaśniania, który pozwoli uznać równocześnie fizyczność pamięci oraz autonomię pytań stawianych na wyższych poziomach organizacji. Klasyczne narzędzie w tym zakresie dostarcza David Marr.

W jego modelu system przetwarzania informacji analizuje się na trzech poziomach: obliczeniowym (pytającym, jaki problem jest rozwiązywany i dlaczego), algorytmiczno-reprezentacyjnym (dotyczącym reprezentacji i operacji służących do rozwiązania problemu) oraz implementacyjnym, który odnosi się do fizycznej realizacji procesu. Współczesne prace nad mechanizmami pamięci wciąż korzystają z tej architektury, choć często uzupełniają ją o dodatkowe poziomy organizacji biologicznej. W kontekście engramu oznacza to, że odpowiedź na pytanie o neurony uczestniczące w przypominaniu należy przede wszystkim do poziomu implementacji. Sama w sobie nie odpowiada ona jednak na pytanie, jakiego rodzaju reprezentację tworzy system ani dlaczego pamięć określonego typu jest użyteczna dla zachowania. Rozważmy przykład wspomnienia drogi do rodzinnego domu.

Na poziomie molekularnym analizujemy ekspresję genów, receptory glutaminergiczne, plastyczność synaptyczną i białka stabilizujące zmiany strukturalne. Na poziomie komórkowym interesują nas zespoły hipokampalne, ich pobudliwość i reaktywacja. Poziom sieciowy pozwala badać relację hipokampa z korą, ciałem migdałowatym czy układami nawigacji. Na poziomie poznawczym pytamy o reprezentację przestrzeni, kontekstu i epizodu. Z kolei na poziomie autobiograficznym możemy pytać, dlaczego ten dom jest pamiętany właśnie jako „dom dzieciństwa”, a nie po prostu określona konfiguracja pomieszczeń. Poziom społeczny ujawnia relacje rodzinne nadające temu miejscu znaczenie, zaś poziom kulturowy wskazuje kategorie domu, rodziny, własności, bezpieczeństwa czy przynależności, które organizują samą narrację. Wszystkie te pytania dotyczą jednego człowieka i jednego procesu pamiętania, lecz nie są one wymienne. Z tego właśnie powodu współczesna filozofia neuronauki coraz częściej posługuje się modelem

mechanizmów zagnieżdżonych, rozwijanym między innymi przez Carla Cravera i Williama Bechtela.

Wielopoziomowość opisu jako alternatywa dla redukcjonizmu

Mechanizm wyższego poziomu jest realizowany przez zorganizowane działania komponentów niższego rzędu, lecz sam komponent może być następnie analizowany jako mechanizm posiadający własne części. Nie ma konieczności przyjmowania jednej globalnej "drabiny rzeczywistości", na której fizyka znajduje się u podstawy, a psychologia jedynie nieprecyzyjnie opisuje to, czego jeszcze nie umiemy zredukować. Poziomy są lokalne wobec badanego mechanizmu, a wyjaśnienie wielopoziomowe może być naukowo pełniejsze niż opis skoncentrowany wyłącznie na najniższej skali. Mechanistyczna neuronauka nie musi zatem być antyredukcjonistyczna, ale nie jest też zobowiązana do "redukcjonizmu bez reszty". John Bickle bronił programu określanego jako **reductionism-in-practice**, wskazując, że interwencje molekularne i komórkowe mogą wyjaśniać zjawiska opisywane wcześniej na poziomie psychologicznym. Craver odpowiadał jednak wizją "mozaikowej jedności" neuronauki, w której wyjaśnienia na różnych poziomach mogą się wzajemnie ograniczać i uzupełniać, a żadnemu z nich nie przysługuje automatyczny monopol epistemiczny. Spór ten ma dla neurobiologii pamięci wymiar bardzo konkretny: optogenetyczna przyczynowość wzmacnia wyjaśnienie mechanistyczne, lecz nie sprawia, że pojęcia takie jak wspomnienie autobiograficzne, obietnica, trauma, wina czy żałoba stają się zbędne.

Można to zilustrować na przykładzie reakcji freezing. Eksperyment pozwala wykazać, że sztuczna aktywacja określonej populacji engramowej jest wystarczająca do wywołania zachowania obronnego w odpowiednio skonstruowanym modelu. Jest to znakomite wyjaśnienie przyczynowe konkretnego mechanizmu. Nie wynika z niego jednak automatycznie pełne wyjaśnienie pojęcia "strachu", ponieważ ludzkie doświadczenie lęku obejmuje reprezentację zagrożenia, świadomość własnego stanu, interpretację sytuacji, kontrolę działania, znaczenie społeczne i niekiedy narrację moralną. Zidentyfikowanie warunku przyczynowego jednego komponentu nie jest tożsame z wyczerpaniem fenomenu na wszystkich poziomach. W badaniach pamięci pojawia się wręcz argument, że mechanizm najlepiej uchwycić na poziomie pośrednim. Cowell i współpracownicy zauważają, że poziomy klasycznej psychologii poznawczej oraz biologiczne poziomy organizacji coraz częściej spotykają się w teoriach reprezentacji neuronalnych operujących na skalach pośrednich – wzorców populacyjnych, obwodów i relacji pomiędzy reprezentacjami.

Jest to istotna korekta wobec przekonania, że opis najbardziej mikroskopowy jest z definicji najbardziej wyjaśniający. Znajomość położenia każdego receptora nie musi być najlepszą odpowiedzią na pytanie, dlaczego człowiek potrafi odróżnić dwie podobne sytuacje albo dlaczego określone wspomnienie generalizuje się na nowy kontekst. Neuroredukcjonizm bywa szczególnie kuszący wtedy, gdy język biologiczny daje poczucie ontologicznej konkretności. Zdanie "wspomnienie zostało zapisane w zespole engramowym" brzmi bardziej przekonująco niż "człowiek pamięta śmierć przyjaciela". Jednak pierwsze twierdzenie nie jest dokładniejszą wersją drugiego – ono odpowiada na inne pytanie. Engram określa fizyczne warunki możliwości wydobywania określonej reprezentacji.

Zdanie autobiograficzne natomiast określa relację wydarzenia do osoby i jej historii. Przetłumaczenie go na listę aktywnych neuronów usunęłoby właśnie tę własność, która czyni je zdaniem autobiograficznym. Tutaj pomocne staje się odróżnienie informacji syntaktycznej lub statystycznej od informacji semantycznej. Teoria informacji Shannona pozwala ilościowo opisywać niepewność, prawdopodobieństwo sygnału, przepustowość kanału i redukcję entropii informacyjnej. Jej wielka siła wynika właśnie z tego, że nie musi rozstrzygać o znaczeniu komunikatu. W filozofii informacji od dawna rozróżnia się więc ilość informacji od treści semantycznej, która wiąże sygnał z tym, **o czym** on jest i w jakich warunkach posiada określoną treść. Neuronalny wzorzec może różnicować dwa konteksty i dzięki temu przenosić informację w sensie statystycznym, lecz z samej geometrii wzorca nie wynika jeszcze, dlaczego dla konkretnej osoby jeden z tych kontekstów oznacza "miejsce zdrady", "dom rodzinny" albo "ostatni dzień życia matki". Semantyczne znaczenie wspomnienia jest relacyjne. Zależy od tego, z czym wspomnienie jest połączone w systemie wiedzy, jakie cele pozostają aktywne, jakie wartości osoba przypisuje zdarzeniu i jakie konsekwencje wyprowadza z niego dla teraźniejszego działania. Ten sam fakt może posiadać odmienne znaczenie dla dwóch osób. Utrata pracy może zostać zakodowana jako upokorzenie, uwolnienie, kryzys finansowy, punkt zwrotny, niesprawiedliwość albo początek nowej kariery.

Znaczenie wspomnień wykracza poza mechanizm engramu

Neurobiologia może badać emocjonalne i pamięciowe komponenty danych stanów, jednak znaczenie nie jest prostą właściwością pojedynczej komórki. Stanowi ono raczej cechę miejsca, jakie reprezentacja zajmuje w szerszym systemie. Model Self-Memory System Martina Conwaya i Christophera Pleydell-Pearce'a trafnie obrazuje tę zależność: konkretne wspomnienie

autobiograficzne jest konstrukcją powstającą w wyniku interakcji hierarchicznej bazy wiedzy z aktualnymi celami tzw. „working self". Dostęp do przeszłości jest zatem regulowany przez bieżący system celów, a jednocześnie wiedza autobiograficzna te cele ogranicza i wspiera. Jest to poziom wyjaśnienia, którego nie da się zastąpić stwierdzeniem, że hipokamp reaktywował engram. Pytanie o to, dlaczego wydobyto właśnie to wspomnienie i w jaki sposób posłużyło ono do uzasadnienia konkretnej decyzji, wymaga opisu aktualnych celów, wskazówek oraz struktury autobiograficznej. Oznacza to, że ludzka pamięć nie jest jedynie magazynem treści, lecz zostaje selektywnie zorganizowana wokół problemów podmiotu. Conway rozróżniał potrzebę zachowania zgodności z rzeczywistością od potrzeby utrzymania spójności „Ja". To napięcie pozwala zrozumieć, dlaczego pamięć może pozostać użyteczna epistemicznie, a jednocześnie podlegać selektywnej rekonstrukcji. System nie jest projektowany wyłącznie do prowadzenia kroniki. Ma on przede wszystkim utrzymywać model podmiotu zdolnego do kontynuowania działania.

Kolejny poziom organizacji wprowadza narracyjna teoria tożsamości McAdamsa. Tożsamość narracyjna to ewoluująca historia, która wiąże rekonstruowaną przeszłość z wyobrażoną przyszłością, nadając życiu jedność i cel. Narracja nie jest dodatkiem kosmetycznym do biologicznej pamięci. Dla człowieka posługującego się językiem jest ona sposobem organizacji wydarzeń w relacje czasowe, przyczynowe, moralne i teleologiczne. Dwa epizody zachowane neuronalnie mogą zostać wpisane w całkowicie odmienne historie, zależnie od tego, czy osoba interpretuje drugi z nich jako konsekwencję pierwszego, przypadek, odkupienie, zdradę czy powtórzenie wzorca. Nie oznacza to, że narracja istnieje poza mózgiem – każdy akt opowiadania i rozumienia ma swoją realizację neuronalną. Chodzi jednak o coś innego: realizacja fizyczna nie jest tożsama z poziomem, na którym formułuje się właściwe wyjaśnienie relacji znaczeniowych. Zdanie „zrezygnowała z pracy, ponieważ po doświadczeniu przemocy przestała uważać tę instytucję za bezpieczną" opisuje zależności między przekonaniami, doświadczeniem a celem.

Można szukać neuronalnych mechanizmów realizujących wszystkie te elementy, ale opis jonów i synaps nie zastąpi struktury racji, ponieważ to ona sprawia, że zachowanie jest zrozumiałe jako działanie osoby. W filozofii umysłu odpowiada to rozróżnieniu wyjaśnienia przyczynowego od racjonalnego. Zdarzenie neuronalne może być przyczyną przypomnienia sobie czegoś, podczas gdy samo działanie człowieka wyjaśniają powody, które uczyniły to wspomnienie istotnym. Poziomy te nie muszą ze sobą rywalizować.

Stwierdzenie, że ktoś wyszedł z pomieszczenia, ponieważ przypomniał sobie o zagrożeniu, nie zostaje unieważnione przez opis aktywności hipokampa i ciała migdałowatego. Mechanizm biologiczny wyjaśnia, jak możliwe było rozpoznanie bodźca i uruchomienie reakcji; wyjaśnienie psychologiczne określa treść tego procesu i jego rolę w systemie działania. Szczególnie błędne

byłoby zatem przeciwstawianie sobie tych perspektyw: albo neurobiologia jest prawdziwa, albo narracja jest prawdziwa.

Materialistyczny pluralizm jako alternatywa dla redukcjonizmu

Oba opisy mogą odnosić się do tego samego procesu na odmiennych poziomach. Współczesna filozofia neuronauki częściej mówi właśnie dlatego o pluralistycznych, wielopoziomowych wyjaśnieniach niż o prostym "layer-cake", w którym wyższy poziom miałby zostać kiedyś zastąpiony przez niższy. Redukcja jest użyteczna, gdy pozwala odkryć mechanizm; staje się błędem jednak wtedy, gdy z odkrycia komponentu wyprowadza się wniosek o zbędności wszystkich kategorii opisujących organizację całości. Sama neurobiologia engramu również zmusza do pluralizmu poziomów. Najnowsze przeglądy opisują pamięć jako własność rozproszonych zespołów komórek i ich sieci, których relacje zmieniają się podczas kodowania, konsolidacji, przypominania, łączenia i zapominania. Trudno już mówić o engramie jako jednorodnym obiekcie dającym się wskazać jednym adresem – ślad jest organizacją wieloskalową.

Już wewnątrz neurobiologii wyjaśnienie przechodzi zatem od genów i synaps, przez komórki, aż po obwody i sieci. Nie ma powodu sądzić, że po dotarciu do poziomu sieci nagle zniknie potrzeba opisu psychologicznego. Zjawisko wielokrotnej realizacji dodatkowo osłabia naiwny redukcjonizm. Funkcja poznawcza nie zawsze musi być realizowana przez identyczną konfigurację biologiczną w każdym momencie lub u każdego człowieka. Badania plastyczności i reorganizacji po uszkodzeniach pokazują, że system może częściowo przenosić funkcję pomiędzy dostępnymi zasobami neuronalnymi. Analizowany wcześniej representational drift dostarcza pokrewnego problemu: stabilne zachowanie i reprezentacja populacyjna mogą współistnieć ze zmianami udziału poszczególnych neuronów. Jeśli funkcja jest stabilniejsza niż konkretna mikrorealizacja, utożsamienie jej z jednym niezmiennym substratem staje się mniej przekonujące. Nie należy jednak z wielokrotnej realizacji wyprowadzać metafizycznego dualizmu. Fakt, że tę samą funkcję można realizować w więcej niż jednej konfiguracji biologicznej, nie oznacza, że funkcja istnieje bez realizacji fizycznej. Oznacza raczej, że relacja między funkcją a substratem może być wiele-do-jednego: różne stany niższego poziomu mogą w określonym kontekście realizować tę samą własność wyższego poziomu. Właśnie dlatego redukcja jednego konkretnego przypadku nie musi dostarczyć kompletnej definicji funkcji.

Podobną ostrożność należy zachować wobec pojęcia emergencji. W wersji słabej można przyjąć, że pewne własności systemu stają się widoczne dopiero na poziomie organizacji wielu komponentów i

nie mogą być sensownie przypisane pojedynczej części. Pojedynczy neuron nie "posiada" autobiografii, podobnie jak pojedyncza litera nie posiada fabuły powieści. Zorganizowany system może jednak realizować własność, której opis wymaga poziomu całości. Taka słaba emergencja jest zgodna z fizykalizmem i nie wymaga przyjmowania tajemniczej substancji mentalnej. Silniejszy emergentyzm, postulujący nieredukowalne do fizycznej realizacji moce, pozostaje filozoficznie znacznie bardziej kontrowersyjny i nie jest potrzebny do interpretacji badań engramowych. Najbezpieczniejsze stanowisko dla rozprawy autora książki można więc określić jako materialistyczny pluralizm wyjaśniający.

Każdy proces pamięciowy człowieka zależy od materialnego mózgu i ciała. Nie istnieje dowód, że autobiograficzne wspomnienie funkcjonuje niezależnie od fizycznego substratu. Jednocześnie pełne wyjaśnienie zjawiska może wymagać pojęć odnoszących się do różnych skal i relacji: neuronów, sieci, reprezentacji, celów, języka, relacji społecznych i kultury. Ontologiczna zależność od biologii nie implikuje epistemicznej wystarczalności opisu biologicznego.

Kultura i język nadają wspomnieniom znaczenie

Szczególnie wyraźnie pokazuje to kulturowa psychologia pamięci. Qi Wang opisuje ludzki system pamięci jako głęboko nasycony kulturą: czynniki kulturowe wpływają na kodowanie, reprezentację, funkcje pamięci, rekonstrukcję i ekspresję, a także na sposób, w jaki dzieci uczą się pamiętać o własnym życiu. Kultura nie jest tutaj jedynie dodatkiem interpretacyjnym nakładanym na gotowy biologiczny zapis. Oddziałuje znacznie wcześniej – kształtuje to, na co zwracamy uwagę, które zdarzenia uznajemy za warte opowiedzenia, jakie kategorie „Ja” mamy do dyspozycji i w jakiej formie doświadczenia zostają później przywołane. Badania rozwojowe Robyn Fivush wskazują na analogiczną zależność. Pamięć autobiograficzna rozwija się stopniowo wraz z poczuciem siebie jako podmiotu istniejącego w czasie, a styl rozmów rodziców z dziećmi o przeszłości wpływa na późniejszą szczegółowość, spójność i ewaluacyjny charakter wspomnień.

Oznacza to, że pełne wyjaśnienie dorosłego wspomnienia autobiograficznego nie może ograniczyć się do pytania o to, które neurony zostały aktywowane podczas zdarzenia. Sama umiejętność organizowania doświadczenia jako „wydarzenia z mojego życia” ma swoją historię rozwojową i społeczną. Język odgrywa w tym procesie rolę szczególną: pozwala nie tylko opisać istniejące wspomnienie, lecz kategoryzować je, łączyć z abstrakcyjnymi pojęciami i wpisywać w relacje przyczynowe, których sam epizod percepcyjny nie zawiera.

Dziecko może pamiętać kłótnię na długo przed tym, zanim nauczy się pojęć takich jak „zdrada”, „niesprawiedliwość”, „przemoc emocjonalna” czy „odpowiedzialność”. Późniejsze przyswojenie tych

kategorii może zmienić interpretację wcześniejszego doświadczenia bez konieczności modyfikacji jego sensorycznych szczegółów. Semantyka pozwala więc na reorganizację autobiografii poprzez zmianę kategorii opisujących przeszłość. To właśnie w znacznej mierze odróżnia mysie fałszywe wspomnienie kontekstowe od ludzkiej rekonstrukcji autobiograficznej. U myszy można eksperymentalnie połączyć reprezentację kontekstu z doświadczeniem awersyjnym, jednak człowiek może dodatkowo zmienić ocenę przeszłego wydarzenia w oparciu o nową wiedzę historyczną, moralną, prawną lub społeczną.

Można po latach dowiedzieć się, że zachowanie uznawane za własną winę było w rzeczywistości wynikiem manipulacji. Wówczas faktograficzne wspomnienie może pozostać w dużej mierze niezmienione, lecz jego znaczenie dla obrazu siebie zmienia się radykalnie. Nie istnieje neuronalny odpowiednik słowa "uniewinnienie" w sensie pojedynczego obwodu; istnieje natomiast mózg zdolny posługiwać się normatywnymi kategoriami języka i zmieniać za ich pomocą autobiograficzne wnioskowanie. W tym miejscu ujawnia się różnica pomiędzy przyczynowością a normatywnością. Neuronauka potrafi odpowiedzieć na pytanie, jakie procesy przyczynowe prowadzą do przypomnienia, ale nie odpowiada sama z siebie na pytanie, czy to przypomnienie jest prawdziwe, czy czyn był sprawiedliwy, czy człowiek powinien czuć winę, ani czy przebaczenie jest uzasadnione. Kategorie prawdziwości, odpowiedzialności i słuszności opierają się na kryteriach, których nie można wyprowadzić z pomiaru aktywności neuronów. Stan neuronalny może realizować przekonanie prawdziwe albo fałszywe, lecz fizjologia sama w sobie nie rozstrzyga zgodności treści przekonania ze światem. Nie oznacza to, że normatywność jest biologicznie bezprzyczynowa – człowiek uczy się norm, a proces ten zmienia jego mózg.

Chodzi o logiczną różnicę pomiędzy przyczyną posiadania przekonania a racją uznania go za prawdziwe lub słuszne. Można wyjaśnić, dlaczego świadek jest całkowicie przekonany o prawdziwości fałszywego wspomnienia, nie czyniąc tym samym tego wspomnienia prawdziwym. Wcześniejsza analiza pamięci świadków pokazała, jak kluczowe jest zachowanie tego rozróżnienia.

Podobnie sprawa wygląda z tożsamością. Skany i eksperymenty mogą ujawniać sieci uczestniczące w autobiograficznym przypominaniu. Meta-przeglądy neuroobrazowania potwierdzają, że pamięć autobiograficzna jest złożonym konstruktem angażującym rozproszone systemy, a literatura wciąż wykazuje niespójności pomiędzy kategoriami teoretycznymi a wynikami eksperymentalnymi. Nie istnieje jednak pojedynczy neuronalny test odpowiadający na pytanie „kim ten człowiek jest”. Tożsamość obejmuje również role społeczne, zobowiązania, reputację, normy prawne, relacje i projekty przyszłości. Można zatem być tą samą osobą prawną mimo głębokiego deficytu pamięci, podobnie jak można zachować większość wspomnień, przechodząc radykalną zmianę religijną, moralną lub polityczną. Tożsamość osobowa, psychologiczna, narracyjna, społeczna i prawna nie

mają identycznych kryteriów ciągłości. Neurobiologia opisuje jeden z fundamentów psychologicznej ciągłości, ale nie rozstrzyga arbitralnie wszystkich pozostałych.

Jest to szczególnie istotne w kontekście przyszłej edycji pamięci. Załóżmy, że technologia pozwoli osłabić reakcję autonomiczną na wspomnienie przemocy, nie zmieniając wiedzy o samym fakcie. Na poziomie mechanistycznym opisujemy zmianę połączeń i reaktywności układów afektywnych. Na poziomie klinicznym oceniamy spadek objawów. Na poziomie autobiograficznym pytamy, czy wydarzenie pozostaje częścią historii osoby. Na poziomie normatywnym – czy interwencja wzmacnia autonomię. Na poziomie prawnym – czy wspomnienie nadal może pełnić funkcję dowodową.

Żaden z tych poziomów nie jest synonimem pozostałych. Właśnie dlatego interdyscyplinarność nie może polegać na swobodnym przenoszeniu terminów. „Engram społeczny", „pamięć kultury", „gen pamięci", „kod autobiografii" czy „programowanie człowieka" mogą być użytecznymi metaforami, lecz stają się niebezpieczne, gdy nadaje się im status mechanizmu. Różne dyscypliny wycinają odmienne własności tego samego zjawiska, posługując się różnymi kryteriami dowodu. Dobra interdyscyplinarność nie zaciera granic pojęć; buduje pomiędzy nimi kontrolowane przejścia.

Materialistyczny pluralizm jako integracja poziomów opisu

Przykładem takiego przejścia może być proces konstruowania autobiograficznego znaczenia po traumie. Neurobiologia opisuje tu reaktywację, walencję, plastyczność i systemy stresu; psychologia poznawcza analizuje schematy, dostępność informacji oraz generalizację, natomiast psychologia kliniczna bada objawy i przebieg procesów terapeutycznych.

Teoria narracyjna opisuje sposób, w jaki wydarzenie zostaje wpisane w historię życia. Socjologia wskazuje na znaczenie wsparcia i społecznego uznania doświadczenia, prawo określa status sprawcy i ofiary, a etyka pyta o odpowiedzialność, sprawiedliwość i przebaczenie. Pełniejszy model nie polega na wyborze jednego z tych języków, lecz na ustaleniu relacji, w jakiej pozostają względem siebie ich twierdzenia. Taka wielopoziomowość chroni również przed błędem odwrotnym — antybiologicznym romantyzmem. Z faktu, że znaczenie nie redukuje się wyjaśniająco do pojedynczej synapsy, nie wynika bowiem, że mózg jest jedynie neutralnym nośnikiem kulturowej narracji. Uszkodzenie hipokampa realnie ogranicza możliwość tworzenia określonych wspomnień, a choroba neurodegeneracyjna może zniszczyć dostęp do autobiografii niezależnie od społecznej woli jej zachowania. Farmakologia i stymulacja potrafią zmienić przeżycie wbrew najlepszym

interpretacyjnym intencjom podmiotu. Kultura nie unieważnia biologii; działa ona poprzez organizm o określonych możliwościach i ograniczeniach.

Materialistyczny pluralizm jest zatem stanowiskiem bardziej wymagającym niż redukcjonizm czy antyredukcjonizm. Nakazuje on jednocześnie przyjąć pełną zależność życia psychicznego od procesów fizycznych oraz odrzucić uproszczenie, według którego najniższy poziom opisu jest zawsze tym najlepszym. Wymaga to ciągłego pytania o właściwą skalę wyjaśnienia: czasem będzie nią receptor, czasem zespół engramowy, struktura sieci, cel osoby, a czasem norma kulturowa.

Ten model współgra z samą architekturą nauki o pamięci. Historia tej dziedziny nie jest zapisem stopniowego wypierania psychologii przez biologię. Bartlett nie został unieważniony przez optogenetykę, podobnie jak Loftus nie stała się zbędna po odkryciu engramu. Przeciwnie — eksperymenty neuronalne dostarczyły mechanistycznego kontekstu dla problemów ujawnionych wcześniej przez psychologię, podczas gdy badania psychologiczne definiują zjawiska, których wyjaśnień biologicznych wciąż poszukujemy. Nauka rozwija się tu przez pionową integrację poziomów, a nie poprzez proste zastępowanie jednego poziomu drugim. W ten sam sposób należy interpretować sukces Tonegawa Lab.

Project X nie dowiódł, że odnaleziono „istotę pamięci". Wykazał coś metodologicznie bardziej precyzyjnego i naukowo doniosłego: oznaczona populacja neuronów zakrętu zębatego, aktywna podczas kodowania, może później stanowić przyczynowo skuteczny punkt dostępu do behawioralnej ekspresji pamięci. Twierdzenie to jest wystarczająco mocne bez filozoficznego dodatku, jakoby cała pamięć „była" tą populacją. Podobnie eksperyment nad fałszywą pamięcią nie dowiódł, że prawda jest konstrukcją mózgu, lecz pokazał, że neuronalna reprezentacja może zostać powiązana ze zdarzeniem, które historycznie wystąpiło w innym kontekście. Rozbieżność między reprezentacją a rzeczywistością ma sens właśnie dlatego, że prawda zdarzenia nie jest wyznaczana przez stan mózgu; gdyby reprezentacja sama tworzyła swoją prawdę, pojęcie fałszywego wspomnienia utraciłoby sens.

Eksperymenty nad walencją również nie dowodzą, że dobro i zło są zapisane w ciele migdałowatym. Pokazują one jedynie, że wartościowanie apetytywne i awersyjne posiada identyfikowalne mechanizmy neuronalne. Moralna ocena zdarzenia wymaga jednak kategorii szerszych niż walencja: czyn może być moralnie właściwy, a jednocześnie emocjonalnie bolesny, tak jak czyn naganny może być dla sprawcy nagradzający. Neurobiologiczna wartość afektywna oraz wartość aksjologiczna nie są zatem synonimami. Z kolei badania nad cichymi engramami nie dowodzą, że każda zapomniana część autobiografii nadal istnieje w kompletnej postaci, lecz wskazują na możliwość rozdzielenia przechowywania i naturalnego wydobywania informacji w określonym modelu.

Tutaj również dyscyplina pojęciowa chroni wagę odkrycia. Im mniej dodajemy twierdzeń, których eksperyment nie sprawdzał, tym wyraźniej widać rzeczywiste znaczenie tego, co faktycznie zweryfikował. Reguła ta ma kluczowe znaczenie również dla języka przyszłości.

Znaczenie wspomnień wykracza poza strukturę neuronów

"Wgranie pamięci", "usunięcie traumy", "przepisanie osobowości" czy "kopiowanie wspomnień" to metafory zapożyczone z informatyki. Choć mogą inspirować pytania, tworzą jednocześnie pozór, że ludzka pamięć posiada strukturę plikową, której istnienia neuronauka nie wykazała. Współczesne przeglądy badań nad engramem opisują złożone, rozproszone i dynamiczne populacje neuronów uczestniczących w budowaniu tożsamości oraz łączeniu wspomnień, a nie bibliotekę niezależnych obiektów cyfrowych. Kluczowe pytanie nie brzmi zatem, czy mózg "przechowuje informacje", lecz o jaki rodzaj informacji i jaki poziom opisu nam chodzi. Sekwencja wyładowań może zawierać informację o lokalizacji jako dekodowalną zależność statystyczną. Sieć może reprezentować kontekst poprzez relacje populacyjne. Osoba może pamiętać epizod jako wydarzenie z własnego życia, narracja może nadać temu zdarzeniu sens moralny, a społeczność uczynić z niego element pamięci zbiorowej. Ten sam historyczny epizod funkcjonuje w kilku systemach relacji jednocześnie.

Właśnie kultura najdobitniej ujawnia niewystarczalność czysto indywidualistycznej neurobiologii pamięci. Wang podkreśla, że kultura wpływa nie tylko na treść wspomnień, ale na same cele i praktyki pamiętania. Jedne społeczności organizują autobiografię wokół autonomicznych osiągnięć jednostki, inne zaś wokół relacji i zobowiązań. Oznacza to, że pytanie o to, które wspomnienia są centralne dla tożsamości, nie posiada jednej uniwersalnej odpowiedzi wyznaczanej wyłącznie przez anatomię hipokampa. Mózg nie wymaga zmiany podstawowej architektury, by człowiek wychowany w dwóch różnych kulturach organizował autobiografię według odmiennych kategorii. Świadczy to o fundamentalnej właściwości ludzkiego układu nerwowego: jego biologiczna konstrukcja pozwala na internalizowanie wzorców, które nie są zapisane w genomie jako gotowe treści. Język, normy, instytucje i symbole wykorzystują plastyczność mózgu do tworzenia historycznie zróżnicowanych sposobów bycia osobą. Dlatego pełna mapa neuronalna wspomnienia – nawet hipotetycznie doskonała – nie byłaby jeszcze pełną mapą jego znaczenia. Aby zrozumieć, dlaczego określony sygnet jest dla kogoś pamiątką po ojcu, trzeba znać historię relacji, reguły dziedziczenia, rodzinne symbole i osobiste doświadczenia.

Analiza metalu nie dostarczy tej informacji. Analogicznie, analiza wszystkich neuronów reagujących na widok sygnetu może ukazać mechanizm rozpoznawania, afektu i wydobywania

danych, lecz nie zastąpi historii, dzięki której przedmiot stał się pamiątką. Nie jest to tajemnicza luka między materią a duchem, lecz relacyjny charakter znaczenia. Pamiątka staje się pamiątką dzięki sieci stosunków między przedmiotem, ludźmi a praktykami społecznymi. Historia ta posiada materialne realizacje – w mózgach, dokumentach, obiektach i działaniach – jednak nie znajduje się w jednym miejscu. Część semantycznego środowiska osoby jest zatem rozproszona poza jej układem nerwowym. Stąd krok do teorii poznania rozszerzonego, pamięci transakcyjnej i społecznej jest stosunkowo krótki. Nie trzeba przyjmować radykalnej tezy, że smartfon literalnie stanowi część umysłu, aby uznać, iż człowiek organizuje własne poznanie za pomocą zewnętrznych artefaktów i innych ludzi. Fotografie, kalendarze, archiwa czy pamięć partnera wpływają na to, co jednostka potrafi przypomnieć i jak rekonstruuje przeszłość. W przypadku pamięci autobiograficznej znaczenie jest osadzone w ekosystemie obejmującym mózg, ciało, innych ludzi oraz trwałe nośniki. Neurotechnologia może zmienić jeden element tego układu, lecz nie posiada automatycznej kontroli nad jego całością.

Wielowymiarowa tożsamość wspomnienia wyklucza redukcjonizm

Nawet jeśli zmienimy afektywną reakcję na wspomnienie małżeństwa, nadal istnieją fotografie, dzieci, dokumenty i pamięć innych ludzi. System społeczny może podtrzymać narrację, mimo że biologiczna reakcja jednostki uległa zmianie. I odwrotnie: społeczne przeformułowanie wydarzenia może zmienić autobiograficzne znaczenie, nawet przy względnie stabilnym śladzie sensorycznym. To kolejny powód, dla którego "edycja Ja" nie może być utożsamiana z edycją pojedynczego engramu. Należy zatem odróżnić co najmniej trzy rodzaje tożsamości wspomnienia: tożsamość mechanizmu neuronalnego, tożsamość reprezentowanej treści oraz tożsamość autobiograficznego znaczenia.

Pierwsza z nich dotyczy pytania, czy reaktywowane zostają te same obwody i zespoły neuronów. Druga – czy wspomnienie nadal odnosi się do tego samego zdarzenia. Trzecia zaś – czy zdarzenie wciąż pełni tę samą funkcję w historii danej osoby. Zmiana na jednym poziomie nie musi pociągać za sobą proporcjonalnej zmiany na dwóch pozostałych. Można zachować treść faktograficzną, zmieniając jednocześnie walencję emocjonalną. Można zachować walencję, tracąc szczegóły. Można utrzymać większość detali, ale całkowicie zmienić moralną interpretację wydarzenia. Z kolei biologiczna utrata części specyficzności sensorycznej nie musi oznaczać utraty znaczenia wydarzenia jako centralnego punktu autobiografii. Właśnie dlatego przyszła nauka o modyfikacji pamięci potrzebuje wielowymiarowej nomenklatury zamiast zbiorczego czasownika „edytować”.

Taka perspektywa zmienia również sposób oceny sukcesu terapeutycznego. Jeśli pacjent z PTSD przestaje reagować paniką, nie oznacza to automatycznie, że jego pamięć została „naprawiona".

Należy pytać o częstotliwość intruzji, zdolność rozpoznawania obecnego bezpieczeństwa, funkcjonowanie społeczne, zachowanie wiedzy faktograficznej oraz sposób, w jaki doświadczenie zostało zintegrowane z autobiografią. Neurobiologiczny biomarker jest istotny, lecz nie stanowi pełnej miary zdrowienia. Podobnie w przypadku chorób neurodegeneracyjnych – poprawa wyniku w teście laboratoryjnym nie jest tożsama z odzyskaniem autobiograficznego świata. Człowiek musi pamiętać nie tylko elementy listy słów, ale przede wszystkim relacje, zwyczaje, obowiązki i znaczenia. Kliniczna istotność neurotechnologii będzie ostatecznie oceniana na poziomie życia osoby, a nie wyłącznie przez pryzmat poprawionej aktywności sieci. W ten sposób otrzymujemy model pionowej integracji wyjaśnienia. Na najniższych badanych skalach znajdują się mechanizmy molekularne i synaptyczne; wyżej organizacja komórkowa i sieciowa; następnie reprezentacje poznawcze, procesy pamięciowe i cele; a na najwyższym poziomie – autobiografia, relacje społeczne i kultura.

Wzajemne sprzężenie poziomów biologicznych i semantycznych

Nie mamy tu do czynienia z hierarchią wartości, w której warstwa „wyższa" posiadałaby większą godność, lecz z mapą zależności między różnymi typami pytań. Błąd redukcjonizmu polega na przyjęciu, że skoro poziom niższy jest konstytutywnie konieczny, to jego opis staje się automatycznie wystarczający dla wyjaśnienia całości. Symetryczny błąd skrajnego antyredukcjonizmu zakłada natomiast, że ponieważ poziom znaczenia operuje własnymi pojęciami, może on ignorować mechanizm biologiczny. Nie może. Człowiek tworzący narrację pozostaje organizmem biologicznym, a jego zdolność do jej konstruowania może zostać zmieniona przez udar, otępienie, depresję, uraz czy stymulację.

Zrozumienie osoby wymaga zatem zarówno wertykalnego zejścia ku mechanizmowi, jak i powrotu ku kontekstowi, w którym ten mechanizm działa. Można uznać, że neuronauka engramu nie obala humanistycznego rozumienia osoby, lecz wymusza jego naturalizację. Humanistyka z kolei nie unieważnia neuronauki, a jedynie wskazuje na zjawiska, których znaczenie wymaga opisu szerszego niż sam mechanizm. Pełna teoria pamięci człowieka musi pozwalać na przechodzenie między obiema perspektywami bez nieuprawnionego skracania drogi. Konkluzja ta ma kluczowe znaczenie dla aksjologii ingerencji w pamięć: jeśli zmieniamy mechanizm, konsekwencje ujawniają się na poziomach, których nie da się przewidzieć wyłącznie na podstawie fizjologii. Zmiana afektu może

przeobrazić relację, zmiana relacji – narrację, a zmiana narracji – decyzję życiową. Decyzja ta z kolei może zmienić środowisko społeczne i wygenerować nowe doświadczenia, które ponownie wpłyną na mózg.

Przyczynowość tworzy pętlę obejmującą poziomy biologiczne i społeczne, choć nie należy mylić tego sprzężenia z metafizycznie silną „przyczynowością odgórną". Najbezpieczniej mówić o wzajemnym sprzężeniu procesów realizowanych fizycznie. Norma kulturowa oddziałuje na człowieka poprzez rozmowę, instytucję, sankcję, bodźce sensoryczne i uczenie – każde z tych ogniw posiada swoją realizację materialną. Jednocześnie opis normy na poziomie społecznym bywa znacznie bardziej użyteczny w wyjaśnianiu regularności zachowań niż śledzenie każdego potencjału czynnościowego. Poziom wyższy nie „łamie" praw fizyki; on identyfikuje stabilny wzorzec organizacji zdarzeń fizycznych.

Taka koncepcja pozwala uniknąć fałszywej alternatywy między determinizmem a magiczną wolnością. Jeśli decyzja człowieka ma neuronalną realizację, nie oznacza to, że jego powody są nierzeczywiste. Powody mogą być elementem mechanizmu na poziomie osoby: są reprezentowane w systemie, wpływają na działanie i mogą ulec zmianie pod wpływem argumentów. To, że argument zmienia mózg, nie sprawia, iż przestaje być argumentem. Wręcz przeciwnie – gdyby nie mógł zmienić biologicznego systemu, nie mógłby wpływać na zachowanie.

Mechanizm engramu nie wyczerpuje znaczenia osoby

Język i kultura są w istocie szczególnymi technologiami biologicznego mózgu. Nie istnieją bez materialnych użytkowników, lecz pozwalają jednemu umysłowi zmieniać reprezentacje drugiego bez bezpośredniego dostępu do jego neuronów. Neurotechnologia stanowi więc nowy etap w historii oddziaływania na ludzki system pamięci, choć nie pierwszy. Różnica polega na możliwości coraz dokładniejszego omijania pośrednich warstw interpretacji. Dlatego znaczenie musi pozostać centralnym punktem neuroetyki.

Interwencja działająca na fizycznie podobny mechanizm może być terapią w jednej historii życia i naruszeniem w innej. Zmniejszenie awersji wobec jazdy samochodem po wypadku może zwiększyć autonomię osoby z PTSD, podczas gdy zmniejszenie lęku żołnierza wobec moralnie problematycznego działania może mieć całkowicie inny status normatywny. Biologiczna reakcja lękowa może być podobna; znaczenie zdarzenia już nie jest.

Tu powraca rozróżnienie pomiędzy możliwością, rozumieniem a powinnością. Neurobiologia zwiększa zakres tego, co **możemy**. Nauka mechanistyczna poszerza obszar tego, jak **rozumiemy,**

jak coś działa. Psychologia, nauki społeczne i humanistyka pomagają zrozumieć, **co to znaczy dla osoby i wspólnoty**.

Etyka i prawo odpowiadają natomiast na pytanie, **czy i pod jakimi warunkami powinniśmy**. Żadnego z tych etapów nie można bez strat zastąpić innym. Możemy więc sformułować jedno z centralnych twierdzeń całej rozprawy: **człowiek wszedł do biologicznego mechanizmu pamięci, ale wejście do mechanizmu nie jest jeszcze wejściem do całego znaczenia osoby**. Engram pozwala uzyskać przyczynowy uchwyt nad częścią przeszłości, lecz nie dostarcza automatycznie instrukcji interpretacji tej przeszłości. Im bardziej precyzyjna będzie technologia, tym większe znaczenie będzie miało właśnie to rozróżnienie.

Pełna mapa ludzkiego engramu nie byłaby pełną mapą człowieka z jeszcze jednego powodu: człowiek jest organizmem historycznym pozostającym w relacjach z innymi historycznymi organizmami. Znaczenie wspomnienia może zależeć od zdarzenia, które nastąpi dopiero jutro; późniejsza informacja może zmienić sens wcześniejszego doświadczenia. Dawna porażka może zostać reinterpretowana jako konieczny etap późniejszego sukcesu, pozornie neutralne wspomnienie może stać się traumatyczne po ujawnieniu nowego faktu, a konflikt może zmienić znaczenie po pojednaniu.

Sens nie jest raz zapisanym parametrem engramu, lecz funkcją miejsca wspomnienia w rozwijającej się historii. To sprawia, że technologiczna "edycja Ja" zawsze odbywałaby się na ruchomym celu. Nawet gdyby można było zmienić określony element pamięci z doskonałą precyzją, człowiek po interwencji wchodziłby w nowe relacje i doświadczenia, które nadałyby tej zmianie dalsze znaczenia. Nie istnieje końcowa, zamrożona wersja osoby, którą można raz zoptymalizować. Podmiot pozostaje procesem.

Najgłębszą konsekwencją neurobiologii engramu nie jest zatem redukcja człowieka do mechanizmu, lecz ujawnienie procesualności samego biologicznego podłoża. Molekuły się wymieniają, synapsy reorganizują, reprezentacje dryfują, a engramy łączą i aktualizują – a mimo to pamięć zachowuje dostateczną ciągłość, aby osoba mogła opowiadać własne życie. Na poziomie biologicznym i narracyjnym powtarza się ta sama formalna zagadka: trwałość nie jest brakiem zmiany, lecz zdolnością systemu do zachowania tożsamości funkcjonalnej pośród zmiany. Nie wolno jednak przekształcać tego podobieństwa w dowód, że teoria narracyjna została "potwierdzona przez neurony". Jest to korespondencja problemów na różnych poziomach, a nie redukcja jednego do drugiego. Właśnie takie zdyscyplinowane analogie są potrzebne interdyscyplinarności: pozwalają budować wspólną architekturę pojęciową bez pozornego biologizowania każdej idei humanistycznej. Z tego samego powodu aparatura neuronauki nie powinna służyć jako retoryczny wzmacniacz twierdzeń, które równie dobrze mogłyby zostać

sformułowane bez pomiaru mózgu. Obraz aktywowanego obszaru nie czyni automatycznie hipotezy psychologicznej bardziej wiarygodną. "Neuro-" nie jest pieczęcią prawdy.

Wysokiej jakości badanie neuronaukowe musi wykazać, jaki dodatkowy problem mechanistyczny rozwiązuje i czego dowiadujemy się dzięki pomiarowi neuronalnemu, czego nie wynikało już z obserwacji zachowania. Ta zasada będzie szczególnie ważna w następnej fazie analizy autora książki, ponieważ wiedza o mózgu jest produkowana w konkretnych instytucjach nauki. Eksperyment nie istnieje poza laboratorium, finansowaniem, systemem publikacji, rywalizacją o pierwszeństwo, selekcją tematów, recenzją, reputacją, dostępem do aparatury i presją kariery.

Jeżeli chcemy ocenić, czego naprawdę dowiedzieliśmy się o pamięci, musimy przeanalizować również mechanizm społeczny, który produkuje wiedzę o mechanizmach neuronalnych. Nie jest to dygresja socjologiczna, lecz problem epistemologiczny. Nauka uzyskuje wiarygodność nie dlatego, że naukowcy są wolni od ambicji czy błędów, lecz dlatego, że tworzy instytucjonalne procedury mające te słabości wykrywać: kontrolę eksperymentalną, replikację, krytykę, transparentność metod, konkurencję hipotez i możliwość korekty. Historia Project X, osobowości Xu Liu i Ramireza, rygor powtarzania doświadczeń oraz napięcia środowiska akademickiego otwierają zatem kolejny konieczny poziom analizy autora książki. Skoro człowiek dostał się do mózgu, trzeba zapytać również: **jaki człowiek, w jakiej instytucji, pod jaką presją i według jakich reguł produkuje wiedzę o tym, co znajduje w mózgu**. Neurobiologia pamięci nie jest tworzona przez bezcielesnego obserwatora. Tworzą ją ludzie posiadający własne ambicje, pamięć, emocje, relacje i interesy – a prawdziwość ich wniosków zależy od tego, czy instytucje nauki potrafią przekształcić tę ludzką omylność w procedurę samokorygującą.

> Czy pełna mapa neuronalna wspomnień byłaby w stanie powiedzieć nam cokolwiek o tym, kim jest człowiek, skoro sens pamiątki kryje się nie w analizie metalu sygnetu, lecz w historii relacji, które go nadają? Być może największym paradoksem nowoczesnej neuronauki jest to, że im precyzyjniej potrafimy wskazać fizyczny ślad pamięci, tym wyraźniej dostrzegamy, jak bardzo wymyka się on biologicznemu opisowi. Ostatecznie podmiot nie jest zamrożonym zapisem w synapsach, lecz dynamicznym procesem, którego nie da się raz na zawsze zoptymalizować.

Inspiracje

[1] 

"How to Change a Memory" Steve Ramirez

Princeton University Press | ISBN: 9780691266688

Steve Ramirez (ur. 1988) jest amerykańskim neurobiologiem i profesorem nadzwyczajnym psychologii i nauk o mózgu na Uniwersytecie Bostońskim. Uzyskał tytuł licencjata na Uniwersytecie Bostońskim oraz doktorat z nauk o mózgu i kognitywistyce w Massachusetts Institute of Technology, gdzie prowadził badania w laboratorium Susumu Tonegawy, a później odbył staż w Harvard Society of Fellows. Ramirez jest najbardziej znany ze swoich pionierskich badań nad manipulacją pamięcią i optogenetyką. Wraz ze swoim zmarłym partnerem badawczym Xu Liu, z powodzeniem oznaczył i reaktywował określone obwody neuronowe, aby wszczepić myszom fałszywe wspomnienie – kamień milowy dowodzący, że pojedyncze engramy pamięciowe można wyizolować i zmodyfikować. Na Uniwersytecie Bostońskim jego laboratorium bada mechanizmy obwodów neuronalnych leżące u podstaw przechowywania i odzyskiwania pamięci, badając, jak sztuczna aktywacja lub modyfikacja pozytywnych i negatywnych wspomnień może leczyć zaburzenia takie jak PTSD, depresja i lęk.

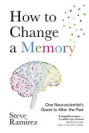
Steve Ramirez *(born 1988) is an American neuroscientist and Associate Professor of Psychological and Brain Sciences at Boston University. He earned his B.A. from Boston University and his Ph.D. in brain and cognitive sciences from the Massachusetts Institute of Technology, where he conducted research in Susumu Tonegawa's laboratory, and later held a junior fellowship in the Harvard Society of Fellows. Ramirez is best known for his pioneering research in memory manipulation and optogenetics. Alongside his late research partner Xu Liu, he successfully tagged and reactivated specific neural circuits to implant a false memory in mice—a milestone demonstrating that individual memory engrams can be isolated and altered. At Boston University, his laboratory investigates the neural circuit mechanisms underlying memory storage and retrieval, exploring how artificially activating or modifying positive and negative memories could treat disorders such as PTSD, depression, and anxiety.*

Boston University

Literatura uzupełniająca

Książki

Książki autora i dzieła przywołane w tekście:



[1] "Project Total Recall"

Steve Ramirez

2025 | Robinson Press | ISBN: 9781472141743

Książki autorów przywoływanych i literatura pokrewna:



[2] "Mental Mechanisms"

William Bechtel

2008 | Psychology Press | ISBN: 9780805863338



[3] "Discovering Cell Mechanisms"

William Bechtel

2006 | Cambridge University Press | ISBN: 9780521812474

Artykuły naukowe

Prace autorów przywoływanych w tekście:

[1] "Simple memory: a theory for archicortex"

David Marr

1971 | Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences | DOI: 10.1098/rstb.1971.0078

Źródło

[2] "Visual Information Processing: The Structure and Creation of Visual Representations"

David Marr

1982 | Lecture Notes in Biomathematics | DOI: 10.1007/978-3-642-93199-4_4

Źródło

[3] "History and Memory in Vietnam Today: The JournalXua & Nay"

David G. Marr

2000 | Journal of Southeast Asian Studies | DOI: 10.1017/s002246340001585x

Źródło

[4] "Thinking about Mechanisms"

Peter K Machamer, Lindley Darden, Carl F. Craver

2000 | Philosophy of Science | DOI: 10.1086/392759

Źródło

[5] **"In Search of Mechanisms"**

Carl F. Craver, Lindley Darden

2013 | University of Chicago Press eBooks | DOI: 10.7208/chicago/9780226039824.001.0001

Źródło

[6] **"Role Functions, Mechanisms, and Hierarchy"**

Carl F. Craver

2001 | Philosophy of Science | DOI: 10.1086/392866

Źródło

[7] **"Integrating psychology and neuroscience: functional analyses as mechanism sketches"**

Gualtiero Piccinini, Carl F. Craver

2011 | Synthese | DOI: 10.1007/s11229-011-9898-4

Źródło

[8] **"Using computational models to discover and understand mechanisms"**

William Bechtel

2016 | Studies in History and Philosophy of Science Part A | DOI: 10.1016/j.shpsa.2015.10.004

Źródło

[9] **"Grounding cognition: heterarchical control mechanisms in biology"**

W. Bechtel, Leonardo Bich

2021 | Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences | DOI: 10.1098/rstb.2019.0751

Źródło

[10] **"Control mechanisms: Explaining the integration and versatility of biological organisms"**

Leonardo Bich, W. Bechtel

2022 | Adaptive Behavior | DOI: 10.1177/10597123221074429

Źródło

[11] **"Mechanism, autonomy and biological explanation"**

Leonardo Bich, W. Bechtel

2021 | Biology & Philosophy | DOI: 10.1007/s10539-021-09829-8

Źródło

[12] "The molecules of social recognition memory: Implications for social cognition, extended mind, and neuroethics"

John Bickle

2008 | Consciousness and Cognition | DOI: 10.1016/j.concog.2008.03.015

Źródło

[13] "Reducing mind to molecular pathways: explicating the reductionism implicit in current cellular and molecular neuroscience"

John Bickle

2006 | Synthese | DOI: 10.1007/s11229-006-9015-2

Źródło

[14] "Marr and Reductionism"

John Bickle

2015 | Topics in Cognitive Science | DOI: 10.1111/tops.12134

Źródło

[15] "The construction of autobiographical memories in the self-memory system."

Martin A. Conway, Christopher W. Pleydell-Pearce

2000 | Psychological Review | DOI: 10.1037//0033-295x.107.2.261

Źródło

[16] "Sensory–perceptual episodic memory and its context: autobiographical memory"

Martin A. Conway

2001 | Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences | DOI: 10.1098/rstb.2001.0940

Źródło

[17] "Episodic memories"

Martin A. Conway

2009 | Neuropsychologia | DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.02.003

Źródło

[18] "Autobiographical knowledge and autobiographical memories"

Martin A. Conway

1996 | Cambridge University Press eBooks | DOI: 10.1017/cbo9780511527913.003

Źródło

[19] "The Neuroanatomy of Autobiographical Memory: A Slow Cortical Potential Study of Autobiographical Memory Retrieval☆"

Martin A. Conway, Christopher W. Pleydell-Pearce, SE Whitecross

2001 | Journal of Memory and Language | DOI: 10.1006/jmla.2001.2781

Źródło

[20] "Neurophysiological correlates of memory for experienced and imagined events"

Martin A. Conway, Christopher W. Pleydell-Pearce, SE Whitecross, Helen Sharpe

2002 | Neuropsychologia | DOI: 10.1016/s0028-3932(02)00165-3

Źródło

[21] "Brain imaging autobiographical memory"

Martin A. Conway, Christopher W. Pleydell-Pearce, SE Whitecross, Helen Sharpe

2002 | The Psychology of learning and motivation/The psychology of learning and motivation | DOI: 10.1016/s0079-7421(02)80008-1

Źródło

[22] "Autobiographical Memory and Culture"

Yoojin Chae, Qi Wang

2022 | Oxford Handbook of Cultural Neuroscience and Global Mental Health | DOI: 10.1093/oxfordhb/9780190057695.013.35

Źródło

[23] "Autobiographical Remembering as Cultural Practice: Understanding the Interplay between Memory, Self and Culture"

Qi Wang, Jens Brockmeier

2002 | Culture & Psychology | DOI: 10.1177/1354067x02008001618

Źródło

[24] "The Emergence of Autobiographical Memory: A Social Cultural Developmental Theory."

Katherine L. Nelson, Robyn Fıvush

2004 | Psychological Review | DOI: 10.1037/0033-295x.111.2.486

Źródło

[25] "The Development of Autobiographical Memory"

Robyn Fıvush

2010 | Annual Review of Psychology | DOI: 10.1146/annurev.psych.121208.131702

Źródło

[26] "Mother-child conversations about the past: Relationships of style and memory over time"

Elaine Reese, Catherıne A. Haden, Robyn Fıvush

1993 | Cognitive Development | DOI: 10.1016/s0885-2014(05)80002-4

Źródło

[27] "Developing narrative structure in parent-child reminiscing across the preschool years."

Catherıne A. Haden, Rachel A. Haine, Robyn Fıvush

1997 | Developmental Psychology | DOI: 10.1037//0012-1649.33.2.295

Źródło

Artykuły naukowe autora:

[28] "Optogenetic stimulation of a hippocampal engram activates fear memory recall"

Xu Liu, Steve Ramirez, Petti T. Pang, Corey B. Puryear, Arvind Govindarajan

2012 | Nature | DOI: 10.1038/nature11028

Źródło

[29] "Creating a False Memory in the Hippocampus"

Steve Ramirez, Xu Liu, Pei-Ann Lin, Junghyup Suh, Michele Pignatelli

2013 | Science | DOI: 10.1126/science.1239073

Źródło

[30] "Memory Engram Cells Have Come of Age"

Susumu Tonegawa, Xu Liu, Steve Ramirez, Roger L. Redondo

2015 | Neuron | DOI: 10.1016/j.neuron.2015.08.002

Źródło

[31] "Bidirectional switch of the valence associated with a hippocampal contextual memory engram"

Roger L. Redondo, Joshua Kim, Autumn L. Arons, Steve Ramirez, Xu Liu

2014 | Nature | DOI: 10.1038/nature13725

Źródło

[32] "Activating positive memory engrams suppresses depression-like behaviour"

Steve Ramirez, Xu Liu, Christopher J. MacDonald, Anthony Moffa, Joanne Y. Zhou

2015 | Nature | DOI: 10.1038/nature14514

Źródło

[33] "Assessments of dentate gyrus function: discoveries and debates"

Mia Borzello, Steve Ramirez, Alessandro Treves, Inah Lee, Helen E. Scharfman

2023 | Nature reviews. Neuroscience | DOI: 10.1038/s41583-023-00710-z

Źródło

[34] "Inception of a false memory by optogenetic manipulation of a hippocampal memory engram"

Xu Liu, Steve Ramirez, Susumu Tonegawa

2013 | Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences | DOI: 10.1098/rstb.2013.0142

Źródło

[35] "Artificially Enhancing and Suppressing Hippocampus-Mediated Memories"

Briana K. Chen, Nathen J. Murawski, Christine Cincotta, Olivia P. McKissick, Abby Basya Finkelstein, Steve Ramirez

2019 | Current Biology | DOI: 10.1016/j.cub.2019.04.065

Źródło

[36] "Identification and optogenetic manipulation of memory engrams in the hippocampus"

Steve Ramirez, Susumu Tonegawa, Xu Liu

2014 | Frontiers in Behavioral Neuroscience | DOI: 10.3389/fnbeh.2013.00226

Źródło

[37] "An implantable piezoelectric ultrasound stimulator (ImPULS) for deep brain activation"

Jason F. Hou, Md Osman Goni Nayeem, Kian A. Caplan, Evan A. Ruesch, Albit J. Caban, Steve Ramirez

2024 | Nature Communications | DOI: 10.1038/s41467-024-48748-6

Źródło

Treść tworzy Fundacja Dobre Państwo.
Redaguje i publikuje APA ONE, autorski system redakcyjny Fundacji oparty na AI.
APA ONE Publishing System
Fundacja Dobre Państwo © 2026
Article ID: be012368-23fd-4159-b9da-46dc15a54c46