

Umysł, świadomość i działania twórcze.

Włodzisław Duch

Katedra Informatyki Stosowanej UMK, Toruń

School of Computer Engineering, Nanyang Technological University, Singapore

Google: Duch

Abstrakt

Neurokognitywna teoria umysłu powinna wyjaśnić dlaczego i w jakich warunkach stany umysłowe pojawiają się w wyniku procesów zachodzących w mózgu, jaka jest struktura i własności relacyjne tych stanów. Zdarzenia neurofizjologiczne są substratem pozwalającym na istnienie umysłu, a więc są warunkiem koniecznym jego istnienia. Środowisko umożliwia utworzenie się w tym substracie reprezentacji regularności wykrywanych przez zmysły, pozwalając na sprawniejsze działanie organizmu, sterowanego zdolnym do adaptacji mózgiem. Powstanie zdarzenia umysłowego jest wynikiem rezonansu pomiędzy stanami zapamiętanymi (oczekiwaniem) i stanem bieżącym (np. doświadczeniem zmysłowym), czyli aktualizacji potencjalnych stanów wewnętrznych, modyfikowanej przez zewnętrzne bodźce. Nowe stany modyfikują istniejące ślady pamięci lub tworzą nowe stany, jeśli zostaną skategoryzowane jako dostatecznie odmienne i ważne.

Ewolucję zdarzeń mentalnych, będącą odzwierciedleniem stanów neurodynamicznych mózgu, można śledzić w uproszczeniu w „przestrzeni umysłu”, określonej przez dające się wyróżnić w naszym doświadczeniu wewnętrznym „wymiary”. Opis relacji mózg-umysł jest możliwy za pomocą ciągu przybliżeń stanów neurodynamiki tak, by zostały w nim tylko cechy skorelowane z procesami umysłowymi. Skrajnym przybliżeniem neurodynamiki są reguły zachowania automatów deterministycznych opisujące odruchy warunkowe. Procesy afektywne nadają wartość różnym stanom w przestrzeni umysłu. Każdy system przetwarzający informację w mózgowodobny sposób musi przyjmować jakościowo różne stany fizyczne, wzorce pobudzeń „ubrane” w otoczkę skojarzeń i potencjalnych działań. Wrażenia są nieodłącznym, wewnętrznym aspektem mózgowodobnego przetwarzania informacji, a więc każdy system zdolny do komentowania zdarzeń w przestrzeni umysłu musi twierdzić, że ma wrażenia i jest ich świadomy. Takie rozumienie natury umysłu wydaje się być wolne od filozoficznych problemów, wyjaśnia takie subtelne zagadnienia jak powstawanie i natura wrażeń czy proces przechodzenia od świadomego zaangażowania do w pełni zautomatyzowanych czynności nieświadomych, dając jednocześnie inspirację dla praktycznych zastosowań.

Wynikający stąd model przetwarzania informacji pozwala też na zrozumienie na czym polega kreatywność umysłu. Materia mózgu jest substratem, którego pobudzenia skojarzone z wewnętrznymi lub zewnętrznymi bodźcami dają wielką liczbę nowych kombinacji zapamiętanych elementów i ich relacji, a więc liczne wyobrażenia. Emocje pozwalają na filtrowanie powstających kombinacji, dopuszczając do pojawienia się w pamięci roboczej (treści świadomości) tylko najbardziej interesujących stanów. Model ten zastosowano do tworzenia nowych słów, symulując procesy wymyślania nazw na zadany temat.

1. Wstępne uwagi o umyśle

Jak zdefiniować umysł? Czym jest umysł? To nadal filozoficzne pytanie, ale – tak jak pytanie o naturę życia, które znikło wraz z rozwojem biologii molekularnej – może wkrótce przestać nim być, dzięki neuronaukom i filozoficznej krytyce kategorii „mentalne” i „fizyczne”[1].

W klasycznym podejściu kognitywnym [2] umysł jest systemem kontrolnym określającym zachowanie się systemu przy oddziaływaniach ze złożonym, zmiennym w czasie środowiskiem; realizowany za pomocą wielu współdziałających ze sobą systemów działa w oparciu o zgromadzoną wiedzę. Taki system można uznać za osobisty, ego-centriczny, subiektywny model symulacyjny świata [3]. Ego-centriczność implikuje intencjonalność, aktywne poszukiwanie znaczenia, a więc i konieczność nadawania narracyjnego sensu przeżywanym zdarzeniom. „Model” sugeruje ujęcie koncepcyjne, reprezentacje symboliczne.

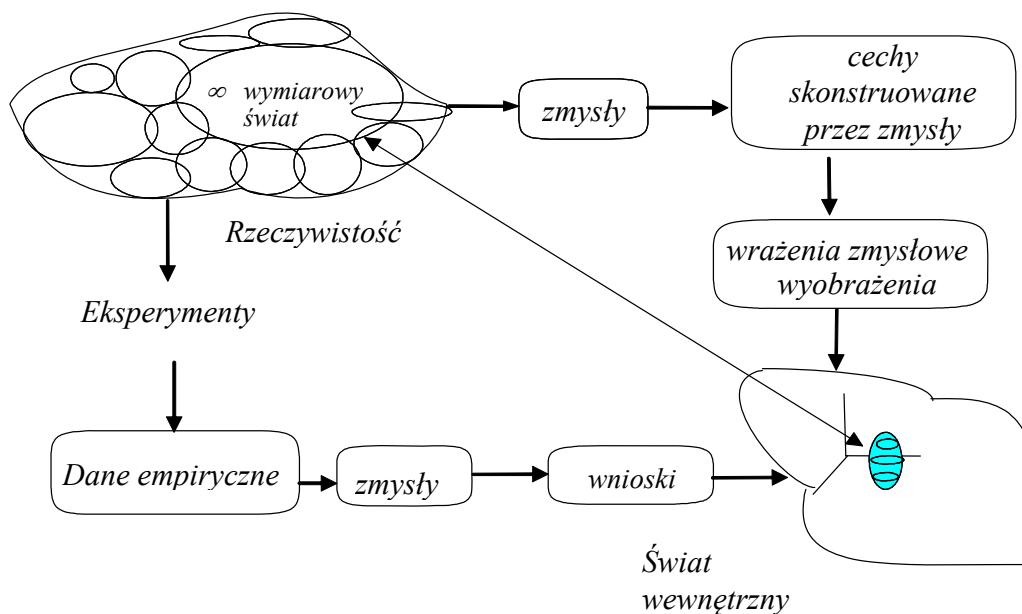
Precyzyjna definicja, zgodna ze wszystkimi sposobami użycia słowa „umysł”, nie jest możliwa, nie należy się jednak tym przejmować. Fizycy rzadko zastanawiają się nad definicją przestrzeni, czasu czy ładunku, zajmując się przede wszystkim ewolucją obiektów i ich wzajemnymi relacjami. Próba jednoznacznej kategoryzacji obiektów znanych z codziennego doświadczenia nawet w prostych przypadkach musi skończyć się niepowodzeniem. Trudno jest np. zdefiniować „krzesło”, bo skłonni jesteśmy stosować taką samą nazwę do bardzo różnych obiektów, nie można więc wyliczyć listy własności, które odróżnią „krzesło” od czegoś, co już nim nie jest. Pragmatyka języka decyduje o rozumieniu koncepcji. Podobnie słowo „umysł” odnosi się do wielu różnych zjawisk i psychologowie poznawczy nie przejmują się brakiem ogólnej definicji, badając różne manifestacje działania umysłu. Wrażenie, że ktoś czy coś ma umysł, że „ktoś tam jest”, powstaje w wyniku komunikacji niewerbalnej. Można to badać na przykładzie emocjonalnie reagujących robotów, takich jak Kismet [4]. W przypadku komputerów jak i zwykłych robotów nie mamy wrażenia, że są obdarzone jakimś umysłem. Stworzenie sztucznego umysłu jest jednakże celem robotyki kognitywnej.

Z punktu widzenia ekspertów od badań nad mózgiem sprawa jest prosta: umysł jest tym, co robi mózg. To lapidarne stwierdzenie można też uznać za neurofilozoficzną definicję umysłu. Należy jednak zapytać: o jaki mózg chodzi? Mózgi owadów są stosunkowo proste, mózgi ludzi mogą być bardzo upośledzone lub w pełni rozwinięte. Mózgom o różnym stopniu złożoności odpowiadać będą różne umysły. Mózgopodobnym systemom sztucznym, w przybliżeniu oddającym sposób przepływu i transformacji informacji w rzeczywistych mózgach, odpowiadać będą różne przybliżenia do umysłu. Niestety nie mamy obecnie taksonomii rodzajów umysłu (choć Dennet [5] stawia podobne pytania), a uporządkowanie mózgow według ich stopnia złożoności też nie jest do końca możliwe. Kwestii posiadania umysłu nie da się więc rozstrzygnąć odpowiadając „tak/nie”, a jedynie w jakim stopniu

przypomina to określony typ umysłu? Jakie powinny być kryteria i testy by to określić? Czy wystarczy w tym celu test Turinga czy też należy wymyślić jakiś inny test?

Oczywiście nie wszystko to, co robi mózg jesteśmy skłonni nazywać umysłem: sterowanie procesami homeostazy organizmu, układem hormonalnym, czy też napięciem mięśni służącym do utrzymywania równowagi nie kojarzy się nam z działalnością umysłu. Jedynie te procesy, które są przynajmniej w zasadzie dostępne jako treść świadomości, można nazwać umysłowymi. Czym jednak jest świadomość i co jest jej dostępne? Spróbuję na to odpowiedzieć poniżej.

Jak należy traktować relację mózg-umysł-rzeczywistość? Jeden z tradycyjnych punktów widzenia traktuje umysł jako lustro rzeczywistości (ta metafora popularna była w filozofii chińskiej już 1500 lat temu, np. [6]). Używając języka współczesnego zmysły dokonują projekcji a mózgi redukcji informacji. Z nieskończenie złożonej rzeczywistości w przestrzeni umysłu pozostają tylko te nieliczne cechy, które możemy sobie uświadomić – kształty, kolory, ruch, dźwięki, liczby, wyobrażenia geometryczne oraz ich abstrakcje. Obiekty umysłu tworzące wewnętrzny obraz rzeczywistości powstają przez skojarzenia stanów mózgu konstruowanych z wyobrażeń zmysłowych, stanów zapamiętanych, ale również wniosków wyciąganych na podstawie wiedzy o świecie z niepełnych danych empirycznych. W ten sposób w świecie umysłu pojawiają się również abstrakcyjne koncepcje, takie jak „neutrino”.



Rzeczywistość ma nieskończenie wiele własności; neurodynamika określona jest w ogromnej przestrzeni stanów mózgu, ale świat umysłu jest określony w znacznie mniejszej przestrzeni.

Własności i odczucia, których jesteśmy świadomi są wewnętrznymi stanami umysłu, które mogą powstać na skutek zewnętrznych, albo też wewnętrznych, pobudzeń struktur neuroanatomowych mózgu. Starożytny indyjski tekst „Surangama Sutra” przetłumaczony w 705 roku na chiński [7] zawiera zdumiewająco współczesne stwierdzenia, np. „każde zjawisko, które poznajemy, jest jedynie manifestacją umysłu, który jest substratem wszystkiego”, oraz „umysł działa jakby na cieniach rzeczy” (there is a mind acting as it were on the mere shadows of things). Możemy jedynie mówić o niektórych stanach swojego mózgu, wywołanych przez doświadczenie rzeczywistości, ale nie o samej rzeczywistości.

Świat wewnętrzny jest manifestacją umysłu, to świat relacji między stanami, które może przyjmować mózg. Konfiguracje atomów tworzą nieskończona różnorodność obiektów fizycznych, mając silniejszą lub słabszą tendencję do formowania nieskończenie różnorodnych struktur zmieniających się w różnym tempie. Obiekty świata fizycznego nie kojarzą się nam zwykle z konfiguracją atomów, poznajemy je bowiem dzięki oddziaływaniu z naszymi receptorami zmysłowymi, oraz oddziaływaniu z innymi obiektami, które obserwujemy. Rozpoznajemy struktury zmieniające się powoli, ale żadna z nich nie ma absolutnej tożsamości, wszystkie w końcu ulegają całkowitej przemianie w inne struktury będące konfiguracją podobnych atomów. Świat umysłu istnieje w podobny sposób, jako konfiguracje pobudzeń mózgu, który jest dla nich substratem. Stany powtarzające się, konfiguracje utrzymujące się nieco dłużej niż ułamki sekund, są pamiętane, a więc rozpoznawane, otrzymują nazwy, które w symboliczny sposób możemy przekazać innym ludziom wywołując w ich mózgach podobne pobudzenia.

Substrat jest warunkiem koniecznym powstawania struktur. Bez atomów wchodzących w skład farby nie mógłby powstać obraz na płótnie. Bez struktur mózgu, pozwalających na analizę sygnałów zmysłowych, pobudzeń wewnętrznych mózgu i kontrolę ciała nie mógłby powstać zespół wrażeń, które nazywamy obrazem. Teoretycznie materię mózgu mógłby zastąpić inny substrat, pozwalający na powstawanie podobnie złożonych struktur relacyjnych, ale w praktyce trudno byłoby taki substrat stworzyć, tak jak trudno jest zbudować mikroprocesor w oparciu o inną technologię niż półprzewodnikowa (trudno nie oznacza jednak, że jest to niemożliwe). Samo istnienie substratu nie wystarczy jednak do powstania złożonych struktur i relacji pomiędzy nimi. W przypadku świata fizycznego proste oddziaływania elektromagnetyczne decydują o własnościach atomów, które reagują z sobą w różny sposób tworząc złożone cząsteczki, aminokwasy, a w końcu samopowielające się struktury będące podstawą życia. Takie struktury nie mogą powstać we wnętrzach gwiazd ani w obłokach międzygalaktycznego pyłu, konieczne jest do tego odpowiednie środowisko, obecność różnych atomów w odpowiednich proporcjach. Oddziaływania pomiędzy neuronami różnych typów tworzą podstawy do formowania się różnych struktur pobudzeń fragmentów kory mózgu, tworzenia się większych struktur pobudzeń całego mózgu. Środowisko formujące obiekty umysłu, a więc struktury pobudzeń mózgu i ich relacje, obejmuje wszystkie oddziaływania wewnętrzne jak i interakcje zewnętrzne. Relacje pomiędzy stanami umysłu, chociaż ograniczone przez fizyczne struktury mózgu, są nieskończenie różnorodne, tworząc

emergenty, częściowo autonomiczny świat wewnętrzny. Piana na morskiej fali może formować się dzięki oddziaływaniom cząsteczek wody, ale za bezpośrednią przyczynę uznamy raczej wiatr i ukształtowanie dna morskiego. Reakcje na dźwięki dobiegające do czyjś ucha możliwe są dzięki oddziaływaniom neuronów, ale za ich przyczynę skłonni jesteśmy uznać rozpoznanie znajomego głosu, wcześniejsze kontakty i indywidualną historię danej osoby. Zjawiska fizyczne niezbędne są więc do powstania zjawisk umysłowych, ale ich w istotnym sensie nie wyjaśniają, nie można więc zredukować świata umysłu do oddziaływań atomów. Podobnie nie można w pełni zredukować świata kultury, emergentnych zjawisk wynikających z oddziaływań wielu umysłów, do indywidualnego umysłu. Mamy więc podział Poppera na świat fizyczny (A), świat umysłu (B) i świat kultury (C).

Częściowa autonomia świata umysłu oznacza, że w większości przypadków wyjaśnienia narracyjne, na poziomie symbolicznym, skłonni jesteśmy uznać za wystarczające. Nie zawsze takie wyjaśnienia są jednak prawdziwe, zachowanie (w tym decyzje) ludzkie można tylko częściowo zrozumieć w ten sposób. Widać to szczególnie wyraźnie w przypadku chorób psychicznych, w których zwykła logika wyjaśniania się załamuje. Znaczna część naszego mózgu podejmując decyzje nie kieruje się dającymi się zwerbalizować przesłankami [9] [10]. Choć psychoanaliza od ponad 100 lat stara się leczyć pacjentów dostarczając im narracyjnych historii z dzieciństwa [11] próba takiego zrozumienia własnego zachowania jest oparta na tych samych mechanizmach co tworzenie teorii innych umysłów, które badają psycholodzy rozwojowi [12].

Rozumienie natury umysłu, lub szerzej natury ludzkiej, jest niezwykle ważnym zagadnieniem szeroko obecnie dyskutowanym [13]. Metafory dotyczące umysłu są prawdziwe o tyle, o ile są dobrą aproksymacją tego, co dzieje się w mózgu. Niezliczone stany umysłu i relacje pomiędzy nimi istnieją w sposób potencjalny dzięki pamięci długotrwałej i mechanizmom skojarzeniowym działania mózgu. Większość z tych potencjalnie istniejących stanów umysłu nigdy się nie zrealizuje; nieliczne aktualizowane są w pamięci roboczej, pojawiając się jako świadomie przeżywana treść umysłu. Rozumiemy i potrafimy zwerbalizować relacje między licznymi pojęciami, ale sens ostateczny tych pojęć ugruntowany jest w doświadczeniu zmysłowym, przedsymbolicznym. Reprezentacje podstawowych pojęć odnoszą się do naszego sposobu „bycia w świecie”, mówiąc językiem Heideggera [14][15], pozwalając reagować na zewnętrzne bodźce i stany wewnętrzne tworzeniem nowych stanów lub podejmowaniem działań, np. werbalnych komentarzy. Reprezentacje wewnętrzne nie muszą więc w niczym przypominać rzeczy lub stanów reprezentowanych, muszą jedynie być należycie umiejscowione w sieci relacji potencjalnie dostępnych stanów. Rozumienie jest więc umiejscowieniem stanów postrzeganych i konstruowanych z nich obiektów myślowych we właściwych relacjach do stanów zapamiętanych. Ponieważ obraz świata przydatny do sprawnego działania musi być spójny relacje pomiędzy różnymi obiektami, bezpośrednio i pośrednio, nie mogą być ze sobą sprzeczne. Ucząc się nowej koncepcji mózg dziecka umiejscawia ją w stosunku do już mu znanych wiadomości, pozwalając wyciągać wnioski i odpowiadać na pytania, a więc w efekcie wiecieć znacznie więcej niż wynika to z usłyszanych informacji. Świat oglądany z różnych stron ukazuje swoje komplementarne, ale spójne oblicza.

Abstrakcyjne koncepcje nie odnoszą się bezpośrednio do stanów ciała i dlatego dużo trudniej było je rozwinąć. Historia rozwoju i akceptacji podstawowych i powszechnie używanych koncepcji nie została jeszcze w pełni napisana. Jest rzeczą fascynującą śledzić jak wolne były postępy ludzkości w rozumieniu prostych pojęć abstrakcyjnych, takich jak pojęcie liczby [16]. Oderwanie liczebnika od rodzaju liczonych rzeczy zajęło Sumeryjczykom około 500 lat!

Plemię Piraha znad Amazonki nie potrafi używać liczb [17], ograniczając się do rozróżnienia jeden-więcej. Porównując liczebność zbiorów składających się z więcej niż dwóch obiektów robią liczne błędy, a poziom ich umiejętności w tym zakresie porównywalny jest do niemowląt, ptaków i gryzoni. Badania nad reprezentacją liczb w mózgu [18] pokazują aktywację specyficznych obszarów kory (bruzda wewnątrzciemieniowa, kora przedczołowa dolna) w przypadku używania abstrakcyjnych liczb, podczas gdy porównywanie liczebności zbiorów złożonych z 2-3 obiektów nie wymaga aktywacji tego systemu, posługują się mechanizmami orientacji przestrzennej (kora ciemieniowa). Mechanizmy neuronalne abstrakcyjnej reprezentacji liczb oparte są na kodowaniu populacyjnym i w niektórych przypadkach zawodzą, prowadząc do *akalkulii*, całkowitej niezdolności do rozumienia pojęcia liczby, lub też rozwojowej *dyskalkulii* u dzieci w jej różnorodnych przejawach (dyskalkulii werbalnej, leksykalnej, graficznej, operacyjnej, ideognostycznej).

Wiele koncepcji, które obecnie uznajemy za oczywiste, sprawiało wielkie trudności znakomitym umysłom nie tak dawno temu. Należały do nich koncepcje matematyczne, których nie da się reprezentować za pomocą dyskretnych elementów czy obiektów geometrycznych, takie jak liczby ujemne, liczby niewymierne, czy liczby urojone; idee chemii, uznającej wodę za mieszaninę dwóch gazów; abstrakcyjne idee fizyki dotyczące zakrzywionej czasoprzestrzeni, pola elektromagnetycznego, kwantów i energii próżni; rozumienie życia jako wynik procesów metabolicznych i replikacji genów; oraz nie do końca uznane jeszcze koncepcje umysłu i świadomości jako funkcji mózgu. Wszystkie te koncepcje przyjmowane były opornie i spotykały się z dużym niedowierzaniem. Max Planck, twórca koncepcji kwantyzacji promieniowania, do końca życia nie mógł uwierzyć w ich istnienie, zarzucając Einsteinowi, że zbyt poważnie podchodzi do tej koncepcji [19]. Jest całkiem prawdopodobne, że nawet radykalnie nowe koncepcje nauczane dostatecznie wcześniej przyjmowane są jako zrozumiałe, oczywiste i prawdziwe, gdyż ich znaczenie metaforyczne może się dobrze ugruntować.

Nikt nie ma dzisiaj problemów z liczbami ujemnymi ani niewymiernymi, podstawami chemii czy biologii. Abstrakcyjne pojęcia przyswajane w późniejszym okresie, takie jak funkcja falowa w mechanice kwantowej, sprawiają znacznie więcej kłopotu a jej sens jest nadal dyskutowany. Historia nauki pokazuje, że potrzeba zrozumienia koncepcyjnego była najsilniejszą motywacją wielkich uczonych. Kopernik poszukiwał modelu świata doskonałego, kołowych orbit gwiazd i planet i ruchów jednostajnych. Kepler chciał wyjaśnić świat za pomocą 5 doskonałych brył i Harmonii Sfer. Galileusz uznawał tylko ruch kołowy za godny ciał niebieskich [20]. Trudno jest uwolnić się od koncepcji głęboko zakorzenionych w danej kultu-

rze. Dotyczy to bardzo mocno zagadnień związanych z umysłem, świadomością, czy poczuciem wolnej woli, dlatego należy się spodziewać wielu trudności w zrozumieniu relacji umysł-mózg.

2. Szkic neurokognitywnej teorii umysłu

Szkic neurokognitywnej teorii umysłu jak i geometrycznego podejścia do rozumienia relacji umysł-mózg przedstawiony został w pracach [21]-[25]. Poniżej przedstawiono jedynie kilka argumentów i wynikających z nich konkluzji:

- „Umysł jako funkcja mózgu” to na razie jedyne płodne podejście do zrozumienia funkcji psychicznych, będące podstawą bardzo szybko rozwijających się gałęzi neuronauk, w tym komputerowych modeli procesów psychicznych oraz ich zaburzeń.
- Zdarzenia neurofizjologiczne są substratem pozwalającym na istnienie umysłu (warunkiem koniecznym), korelacje pomiędzy stanami umysłu a stanami neurofizjologicznymi widać coraz lepiej dzięki metodom obrazowania mózgu w czasie pracy.
- Materia mózgu jest substratem, w którym dzięki oddziaływaniu środowiska możliwe jest utworzenie się powtarzalnych stanów (reprezentacji) wykrywanych regularności, co wraz z relacjami pomiędzy podobnymi stanami oraz innymi mechanizmami poznawczymi pozwala na sprawniejsze działanie organizmu.
- Powstanie zdarzenia umysłowego wymaga rezonansu pomiędzy stanami zapamiętanymi (oczekiwania) i stanem bieżącym (np. doświadczeniem zmysłowym), czyli aktualizacji potencjalnych stanów wewnętrznych które ulegają modyfikacji przez zewnętrzne bodźce; rezultaty przechowywane są jako nowe ślady pamięci.
- Poczucie „zrozumienia” w czasie rozmowy jest związane z sygnałem nagrody związanej z zakończeniem integracji nowej informacji z tworzonym w pamięci epizodycznej obrazem relacji koncepcji pojawiających się w czasie rozmowy.
- Zdarzenia umysłowe opisywać można w terminach dających się skategoryzować wrażeń (choć tylko w części wyrazić symbolicznie). Przydatne jest abstrakcyjne pojęcie „przestrzeni umysłu”, w której można rozpatrywać zdarzenia umysłowe.
- Procesy umysłowe opisać można jako ewolucję zdarzeń w przestrzeni umysłu. Zdarzenia te są „cieniami” stanów neurodynamicznych, tylko niewielka część tych stanów dostępna jest bowiem świadomej analizie.
- Procesy afektywne nadają wartości rozpoznawanym zdarzeniom mentalnym, skupiając procesy umysłowe wokół pewnych trajektorii, zmieniając priorytety i przygotowując do określonych działań.
- Każdy mózgowopodobny system przetwarzający informację musi przyjmować jakościowo różne stany fizyczne odpowiadające różnym stanom wewnętrznym, „zabarwione” przez zmienne skojarzenia z innymi podobnymi stanami i pamiętanymi sytuacjami.
- Każdy system tego rodzaju, zdolny do komentowania zdarzeń w przestrzeni umysłu, musi twierdzić, że ma wrażenia; komentarze nie muszą być werbalne, ale mogą przejawiać się w zmianie zachowania lub ewolucji wewnętrznych stanów.

- Reifikacja takich procesów jak ból czy doświadczanie smaku stwarza sztuczne problemy w rozumieniu wrażeń, w tym szeroko dyskutowany problem jakości wrażeń (qualia); mózgowopodobne systemy mogą doznawać wrażeń w podobny sposób jak robią to rzeczywiste mózgi.
- Zdolność do współ-odczuwania jest podstawą rozumienia innych umysłów, a współodczuwanie emocjonalne jest naturalną podstawą moralności.

Koncepcja narratora wprowadzona została przez Michaela Gazzanigę [26], który badał przez wiele lat pacjentów z „rozszczepionymi mózgami” (po operacji przecięcia spoidła wielkiego w celu uniknięcia silnych ataków padaczki). Osobom tym można przekazywać informację niezależnie do lewej i prawej półkuli. Gazzaniga zauważył, że pacjenci podejmując pewne działania pod wpływem informacji przesłanej do prawej półkuli, pozbawionej ośrodków mowy, znajdowali dla nich racjonalne wytłumaczenia zupełnie nie związane z rzeczywistą sytuacją (konfabulacje), usiłując uzasadnić sens swoich działań. Obszary mózgu (zwykle mieszczące się w lewej półkuli) związane z językiem, konceptualną reprezentacją sytuacji, usiłują konstruować na podstawie obserwacji podejmowanych działań spójny epizod, stanowiący pewien schemat sytuacji, zwiększający możliwości wyciągania wniosków i porównywania z podobnymi, wcześniej przeżywanymi sytuacjami. Z punktu widzenia opisanego w tym artykule mechanizmu twórczego działania umysłu jest to całkiem naturalny schemat skojarzeniowy tworzenia się sieci relacji, czasami wymagający dopełnienia brakujących elementów, a więc konfabulacji.

Z takiego rozumienia umysłu wynikają liczne konkluzje. Najważniejsze z nich to:

- Na pewnym poziomie abstrakcji jest sens rozpatrywać umysł jako model świata, jako układ przetwarzający informację, jako system kontrolny wykorzystujący wiedzę, chociaż umysł nie sprowadza się do żadnego z nich.
- W celu zrozumienia umysłu należy zdefiniować ciąg przybliżeń opisujących działanie mózgu w coraz bardziej uproszczony sposób, oraz obszary stosowalności tych przybliżeń; szczególne znaczenie będą tu miały modele geometryczne procesów umysłowych [22]-[24] pozwalające unaocznić w uproszczony sposób dynamikę stanów mózgu.
- Ze względu na stopień komplikacji neurodynamiki, będącej podłożem stanów umysłowych, każdy opis działania umysłu będzie miał zawsze ograniczone pole zastosowań. Brakuje dobrych koncepcji matematycznych do opisanego zjawisk zachodzących w przestrzeni umysłu, której wymiary zmieniają się szybko w czasie, powstając (nabierają znaczenia) i znikając.
- Równoległe powstawanie wielkiej liczby skojarzeń oraz filtrowanie emocjonalne wyników umożliwia kreatywną działalność umysłu; większość procesów skojarzeniowych nie staje się treścią umysłu, przegrywając konkurencję z innymi.
- Powstanie zdarzenia umysłowego wymaga rezonansu pomiędzy stanami zapamiętanymi (oczekiwania) i stanem bieżącym (np. doświadczeniem zmysłowym), czyli aktualizacji potencjalnych stanów wewnętrznych modyfikowanej przez zewnętrzne bodźce i prze-

chowywanej jako nowe ślady pamięci; zrobienie świadomego systemu sztucznego jest możliwe, ale jego architektura musi być całkiem różna od architektury komputerów.

- Doświadczenie fenomenalne nie odnosi się bezpośrednio do świata, tylko do stanów mózgu. Wrażenia są nieodłącznym, wewnętrznym aspektem mózgowopodobnego przetwarzania informacji, ale przyczyn powstawania wrażeń nie da się zrozumieć na poziomie przetwarzania informacji, konieczny jest bardziej dokładny opis neurodynamiki, prawdopodobieństw kategoryzacji poszczególnych stanów wewnętrznych. Ujmując rzecz metaforycznie, obiektami umysłu są cienie rzeczywistości, odbijanej przez aktywne lustro neurodynamiki (zgodnie z intuicją Platona).

Jako prosty przykład ilustrujący ostatnią uwagę rozważmy kalkulator. Dopóki urządzenie działa poprawnie to do opisu jego funkcji wystarczy znajomość danych wejściowych i wyjściowych, a więc poziom przetwarzania informacji jest wystarczający. Słaba bateria lub wilgoć może jednak spowodować błędy w działaniu; by zrozumieć to błędne działanie kalkulatora traktujemy jako układ fizyczny. Układ fizyczny można opisać w miarę dokładnie jako układ dynamiczny, za pomocą równań ze zmiennymi ciągłymi, które nie dają się dobrze przybliżyć za pomocą formuł logicznych. Wyższe czynności psychiczne można nieźle opisać na poziomie symbolicznego przetwarzania informacji. Problemy psychiatryczne, neuropsychologiczne, jak i częściowo zagadnienia związane z percepcją wymagają zrozumienia poziomu fizycznego [27]. Sposób działania mózgu na tym poziomie nie przypomina wcale sposobu przetwarzania informacji przez komputery.

Wiele założeń na temat umysłu może być błędnych. Czy świadomość jest istotnie czynnikiem sprawczym, potrzebnym do podejmowania decyzji? Nie ma na to przekonujących dowodów [28]. Przy podejmowaniu pewnych działań pojawia się w mózgu sygnał, interpretowany jako „moje działanie”, pozwalający konstruować i rozumieć epizody, w których „ja” biorę udział. Nawet jeśli moje działanie jest wynikiem sugestii hipnotycznej jestem nadal przekonany, że to moja świadoma wola jest za nie odpowiedzialna. Czy wiem więcej o sobie niż może wiedzieć zewnętrzny obserwator? Jest to powszechne przekonanie, ale w znacznej mierze złudne [29]. Czy odczuwanie wrażeń nie ma żadnego funkcjonalnego znaczenia [30]? T. Reid (1785), oraz filozofowie Indii 2000 lat przed nim, wyraźnie odróżnili wrażenia (czucie), które są procesami, od percepcji (sądów, rozróżnień). Kiedy mówimy „Ja czuję ból”, wygląda to tak, jakby podmiot ‘ja’ mógł mieć obiekt nazwany ‘ból’. Możemy jedynie zrozumieć, dlaczego pewne procesy prowadzą do pojawienia się wrażeń i jaka powinna być struktura tych wrażeń. Natura języka sprzyja reifikacji procesów psychicznych dzięki czemu sprawiają wrażenie tajemnicy. Istnieje tylko proces, zjawisko, wrażenie bólu. David Bohm próbował zrezygnować z reifikacji, próbując wprowadzić „płynny” tryb używania języka bez rzeczowników, nazwany przez niego *rheomode* [31].

Nie ma wrażeń o określonej jakości (qualia) bez procesu doznawania i interpretacji tych doznań. Postrzeganie czerwieni wywołuje unikalny, dynamiczny stan mózgu/umysłu, odróżnialny od innych, skojarzony z dużą liczbą wspomnień (potencjalnie obecnych, nawet jeśli nie stają się dostępne świadomie), reakcji organizmu w całkiem inny sposób niż wrażenie

niecio odmiernej barwy pomarańczowej, musi więc być inaczej odczuwane, bo inna jest wewnętrzna interpretacja takiego stanu. Każde wrażenie ma więc pewną jakość, *qualis*. Ja „mam wrażenie” oznacza proces ciągłej, niewerbalnej aktualizacji stanu mózgu/umysłu, sprzężenia zwrotne między różnymi obszarami mózgu, oraz interpretację powstałych stanów dokonywaną przez ośrodki planowania/działania, motoryczne oraz językowe. Stany rezonansowe powstające z połączenia strumieni informacji wstępujących (zmysły-koncepcje) i zstępujących (koncepcje-zmysły), samoorganizują się w stany mózgu/umysłu. Logiczne podejście jest tu mało przydatne, gdyż mamy do czynienia z kwazi-ciągłymi, ale jeszcze odróżnialnymi stanami umysłu, stąd próba opisu wrażeń za pomocą języka nie jest możliwa.

Ale po co i dlaczego wrażenia w ogóle istnieją? Wyobraźmy sobie szczura smakującego pożywienie. W ułamku sekundy mózg szczura musi zdecydować: zjeść czy wypluć? Najważniejsze hipotetyczne kroki tego procesu wyglądają następująco:

- Szczur wącha i smakuje kawałek jedzenia; pobudzenia nerwowe zawierające informacje o składzie chemicznym wędrują do kory smakowej.
- Kora smakowa przesyła informacje do pamięci roboczej z żądaniem komentarza „z czym to skojarzyć”; pamięć robocza ma małą pojemność, może się w niej jednocześnie utrzymać tylko kilka różnych stanów (około 4-9 u ludzi, prawdopodobnie 1-3 u szczura).
- Żądanie komentarza pojawia się jako wzorzec pobudzenia dynamicznej pamięci roboczej rozsyłany po całym mózgu i wchodzący w interakcję z pamięcią trwałą, która jest rozproszona w całej korze (nowej i starej).
- Szukanie skojarzeń odbywa się w ogromnym obszarze potencjalnie dostępnych stanów mózgu; powstają stany rezonansowe z śladami pamięci epizodycznej, skojarzenia zmieniające stan pamięci roboczej.
- Nowy stan pamięci roboczej rozchodzący się nadal w mózgu wpływa na ośrodki motoryczne wywołując reakcję szczura: trucizna! wypluj!
- Nadanie kategorii stanom pamięci roboczej i rezonanse (skojarzenia) tych stanów ze stanami ośrodków emocjonalnych zaczyna silną reakcję fizjologiczną.
- Nowy epizod (smak, zapach, miejsce) zapisywany jest z pamięci roboczej, w której zgromadzone są wszystkie informacje, do pamięci długotrwałej, umożliwiając prawidłowe reakcje w przyszłości.

Pamięć robocza, oparta na dynamicznych stanach mózgu, aktualizuje jednocześnie wiele różnych stanów, które można wywołać przez pobudzenia pamięci długotrwałej. Ocena (kategoryzacja) stanów pamięci roboczej dokonuje się przez powstawanie stanów rezonansowych z zapisanymi w pamięci epizodami oraz z senso-motorycznymi wzorcami zapisanymi w korze ruchowej. Gdyby szczur mógł skomentować zdarzenia zachodzące w jego mózgu werbalnie, co by powiedział? Do prawidłowego działania potrzebne są rezultaty kategoryzacji zmieniających się w kwazi-dyskretny sposób (z powodu rezonansów) stanów pamięci roboczej; ta kategoryzacja, dokonywana przez ośrodki ruchowe, a u ludzi również językowe, interpretowana jest jako wrażenia. Nie ma wątpliwości, że szczury, podobnie jak ludzie, mają wrażenia związane z różnymi smakami, aczkolwiek znacznie mniejsze mózgi, a więc

mniejsza pamięć robocza i prostszy mechanizm skojarzeniowy powoduje mniejszą subtelność tych wrażeń. Ostatnio odkryte u szczurów śmiechopodobne reakcje na łaskotki [32] oraz reakcje ulgi, wyrażającą się przez westchnienie [33], pokazują, że ze szczurami dzielimy prawdopodobnie więcej zachowań niż chcielibyśmy przyznać.

Sensomotoryczne podejście do świadomości wzrokowej nie wymaga szczegółowej reprezentacji wewnętrznej widzianego świata. Jesteśmy świadomi tego, co widzimy tylko do tego stopnia, w jakim możemy użyć tej informacji do kontrolowania działania i myślenia [34]. Zaczynając jedzenie jesteśmy zwykle intensywnie świadomi smaku, gdyż jest to przydatna informacja. Jeśli jemy loda po kilka minutach zapominamy zwykle o jego smaku, chociaż kubki smakowe języka nadal dostarczają taką samą informację. Co więc dzieje się z wrażeniem smaku? Mózg nadal przetwarza informację, ale wrażenia z tym związane trwają krótko gdyż pamięć robocza zapełnia się konkurencyjnymi obiektami, przestają się tworzyć rezonanse z korą smakową, zanikają porównania do pamięci znanych smaków. Niewerbalny proces kategoryzacji/wartościowania oparty na skojarzeniach stanów rezonansowych przypisuje różne wrażenia stanom pamięci roboczej. Wrażenia odnoszące się do różnych modalności zmysłowych mają różną strukturę relacyjną, są więc związane są z różnymi sposobami eksploracji świata i reakcjami organizmu [34].

Minimalne warunki potrzebne do powstania stanów interpretowanych jako wrażenia w sztucznym intelekcie (artilekcie) to:

- Pamięć robocza (PR), rozumiana jako dynamiczny stan całego systemu, zawierający dostatecznie dużo informacji by odtworzyć stan podsystemów i ich interakcji w momencie zaistnienia epizodu.
- Pamięć długotrwała przechowująca informację pozwalającą odtworzyć stany PR.
- Mechanizm aktywacji skojarzeń obecnego stanu PR i podobnych stanów przechowywanych w pamięci długotrwałej, powodujący przejście PR do kolejnego, skojarzonego stanu, tworząc strumień skojarzonych stanów („strumień świadomości”).
- Zdolność do kategoryzacji i nadawania wartości ciągle zmieniającym się stanów PR dzięki skojarzeniom powstających stanów PR z reakcjami wyróżnionych części systemu (działania motoryczne, reakcje emocjonalne, lub wpływ na kolejne stany PR).
- Zdolność do uzewnętrznienia aktualnego stanu PR przez reakcje organizmu, podejmowane działania, komentarze werbalne, tworzące sprzężenie zwrotne.
- Reprezentacja „ja”, kategoryzacja wartości różnych stanów PR z punktu widzenia kontekstów i celów systemu, takich jak redukcja wewnętrznych napięć i napędów nadających ogólny kierunek działania systemowi.

Wymagania te podkreślają rolę środowiska, które konieczne jest do wytworzenia się odpowiednich skojarzeń w oparciu o możliwości kojarzeniowe mózgu. Jednakże po powstaniu „świata wewnętrznego” artilekt nie musi już uzewnętrzniać swoich stanów wewnętrznych. Mowa, służąca początkowo jako wskazówka stanów wewnętrznych, staje się stopniowo cichą mową, a więc myślami, które wzbogacają proces wewnętrznych skojarzeń. Ponieważ

najważniejsze są relacje pomiędzy stanami umysłu (wzajemne podobieństwa i prawdopodobieństwa skojarzeń) nie należy oczekiwać prostej relacji pomiędzy stanami mentalnymi a ich neurofizjologicznym podłożem. Każdy mózg może działać nieco inaczej, chociaż ogólne mechanizmy tego działania powinny być podobne.

3. Rozwiązywanie problemów i działania twórcze.

Łatwo sobie wyobrazić, jak przedstawiony powyżej mechanizm prowadzi do powstania pseudoreprezentacji zewnętrznych obiektów pobudzających określony typ stanów pamięci roboczej, nauczania się rozpoznawania skutków swoich działań, rozpoznawania i manipulacji przedmiotami, reprezentacji „siebie”, a w końcowym etapie bogatego świata wewnętrznego, będącego częściowo odbiciem relacji obserwowanych w świecie zewnętrznym, częściowo relacji „ja” – świat, a częściowo powstających relacji i nowych stanów wewnętrznych wynikających z możliwości tworzenia abstrakcji wewnątrz takiego systemu. Ciągi skojarzeń artefaktu wynikające z jego subiektywnej historii „bycia w świecie”, komentowane przez jego ośrodki mowy, mogą przypominać opis strumienia świadomości. Stworzenie takiego sztucznego systemu byłoby trudne, ale robotyka rozwojowa, w ramach której konstruuje się roboty uczące się działania dzięki stymulacji środowiska, a nie przez programowanie ich zachowań, jest na dobrej drodze by takie systemy stworzyć [4].

Proste skojarzenia, jakimi zajmował się behawioryzm, nie stanowią jednak dostatecznej podstawy do zrozumienia działania umysłów. Jak opisany powyżej mechanizm działa w przypadku rozwiązywania problemów, a w szczególności zagadnień wymagających twórczego myślenia? Mamy przekonanie, że stoi za tym jakieś tajemnicze, niematerialne „ja”, które podsuwa „nam” różne możliwości rozwiązania, a więc przypisujemy „sobie” zasługi twórczego myślenia. Procesy poszukiwania rozwiązań są przed naszym umysłem głęboko ukryte, pomysły na rozwiązanie pojawiają się pozornie znikąd. Jeśli się jednak nad tym głębiej zastanowić, żadne „ja” nie może tu być czynnikiem sprawczym; nie bardzo możemy sobie nawet wyobrazić takie „ja”, które po prostu „wie” co trzeba zrobić.

Panuje przekonanie, że szachiście dobre plany gry po prostu przychodzą do głowy intuicyjnie, a komputer musi pracowicie rozważyć wszystkie możliwości by wybrać najlepszą. Jest to oczywiście całkowicie błędne przekonanie. Intuicja bierze się z doświadczenia, tysięcy rozgrywanych partii, ogromnej pamięci i zdolności do abstrakcji istotnych układów figur na szachownicy. Programy szachowe szukają dobrych planów działania używając podobnych heurystyk co eksperci szachowi [2]. Mózg szachisty zdolny jest do wykonywania znacznie większej liczby operacji niż komputer szachowy, i to o czynnik rzędu 10^3 - 10^4 . Nie jesteśmy świadomi procesów prowadzących do pojawienia się pomysłów w naszej głowie, gdyż procesy te wymagają zbyt dużej liczby obliczeń. Częstkowe wyniki pracy mózgu pojawiają się jednocześnie i są zbyt mało przydatne do podejmowania decyzji, nie ma więc ani powodu ani możliwości by mogły na tyle mocno wpłynąć na stan pamięci roboczej, by mogły się ujawnić w treści umysłu.

Co więc się dzieje w mózgu w czasie intensywnego myślenia czy innej działalności twórczej? Z grubsza wygląda to prawdopodobnie następująco [35]. Mózg ma ogromną liczbę wyspecjalizowanych podobszarów, potrafiących dokonać transformacji informacji zmysłowej, selekcji istotnej informacji, skojarzeń z zapamiętanymi sytuacjami i abstrakcyjnych operacji. By zrobić krok prowadzący do znalezienia rozwiązania należy znaleźć transformację, która da coś ciekawego. Pierwsze zadanie – skojarzenie – wymaga szukania wśród milionów znanych faktów tych, które dadzą się w danych warunkach zastosować, drugie – określenie, co to znaczy „ciekawego” – wymaga odfiltrowania z możliwych skojarzeń tych najbardziej interesujących. Podstawowym elementem tego procesu jest triada: postawienie problemu – szukanie rozwiązań – przedstawienie częściowego wyniku, zmieniające postawiony problem.

1. W pierwszym kroku informacja o problemie do rozwiązania musi być udostępniona wszystkim wyspecjalizowanym procesorom. Wymaga to wprowadzenia informacji, skupienia się nad zrozumieniem problemu tak, by stał się on „powszechnie dostępny” wszystkim wyspecjalizowanym obszarom, które mogą coś wnieść do jego rozwiązania.
2. W drugim kroku informacja dostępna wszystkim obszarom mózgu wywołuje rezonanse w tych obszarach mózgu, w których znajdują się wyspecjalizowane procesory mogące skojarzyć, przetworzyć, lub coś dodać do rozsyłanej informacji.
3. Liczba możliwych transformacji danego problemu jest często bardzo duża; konkurencja pomiędzy obszarami, które uległy aktywizacji, oraz oceny emocjonalne rezultatów wybierają te pobudzenia, których aktywność jest najsilniejsza (najlepiej pasują do przesłanek) i które w nietrywialny sposób zmieniają opis sytuacji, zbliżając ją do rozwiązania (sytuacji docelowej), lub tworząc nowy, interesujący podproblem.

W efekcie w pamięci roboczej pojawia się częściowe lub końcowe rozwiązanie, lub kilka pomysłów, które mogą doprowadzić do rozwiązania lub przynajmniej do prostszych problemów; rozwiązanie oznacza podjęcie akcji lub zdolność do podjęcia takiej akcji. Proces ten powtarza się bez przerwy, prowadząc krok po kroku do rozwiązania końcowego. Najważniejszym etapem rozwiązywania postawionego zadania jest więc wprowadzenie informacji do mózgu, do czego potrzebna jest odpowiednia koncentracja na wykonywanym zadaniu, wyłączenie innych procesów zachodzących w mózgu. Jednakże bez wcześniejszego przygotowania, bez elementarnych skojarzeń, doświadczenia w grze, nauki tabliczki mnożenia, podstawowych przekształceń algebraicznych, czy poznania schematów postępowania przez rozwiązywanie licznych zadań, nie da się efektywnie zrobić drugiego kroku, gdyż żadne wyspecjalizowane procesory nie zaczną rezonować dostając informację o zadaniu do rozwiązania. Trzeci krok wymaga znowu skupienia, by nie utracić wyłaniającego się rozwiązania w chaosie wrażeń czy myśli. Niestety obecny system edukacyjny pomija naukę koncentracji, która jest najważniejszym elementem całego procesu.

Do myślenia i rozwiązywania problemów niepotrzebny jest więc żaden wysiłek, ważne jest przede wszystkim wstępne przygotowanie i odpowiednie skupienie! Można jednak podej-

rzewać, że przedstawiony tu proces przedstawia poprawnie jedynie rozwiązywanie typowych zadań, dla których wystarczy myślenie schematyczne. Myślenie twórcze musi przecież wykraczać poza wyuczone schematy. Zagadnienia związane z intuicją czy olśnieniami typu „Aha!” w których nagle dokonuje się przełom w poszukiwaniu (nieraz bardzo długotrwałym) rozwiązania były przedmiotem zainteresowania psychologów od dawna [36], jednakże ich „teorie wglądu” (insight theories) były oderwane od zrozumienia procesów zachodzących w mózgu [37]. Czy nagły wgląd oparty jest na jakichś odmiennych procesach poznawczych, np. reinterpretacji problemu przez odrzucenie dotychczas utrzymywanych ograniczeń, lub jakiejś szczególnej dekompozycji problemu, czy też oparty jest na tych samych procesach co zwykle rozwiązywanie problemów, powstając w momencie dostrzeżenia możliwości wykonania ostatecznego kroku? Wgląd doświadczony jest jak zaskakujący i oczywisty (Aha!), poprzedzany często okresem impasu, w którym nie udaje się uzyskać postępu. Osoby, które dobrze sobie radzą z zadaniami wymagającymi wglądu wykazują też zdolności dostrzegania ukrytych figur na obrazach czy identyfikacji niewyraźnych obrazów, a więc funkcji zależnych od prawej półkuli mózgu.

Dopiero w ostatnich latach zaczęto badać neuronowe korelaty takich zjawisk [38]. Procesy odpowiedzialne za rozwiązywanie problemów są podobne do procesów związanych z rozumieniem języka. W obu przypadkach konieczne jest wnioskowanie, dopełnianie informacji które nie są zawarte w jawny sposób w wypowiedzi a tylko wynikają z ogólnej wiedzy czy kontekstu rozmowy, podświadomą integrację tych informacji w spójną całość będącą podstawą odpowiedzi, jak i pojawienie się odpowiedzi na poziomie świadomym, w strumieniu stanów pamięci roboczej. Procesy związane z wglądem prawdopodobnie pobudzają początkowo wyspecjalizowane procesory, które są w niewielkim stopniu przydatne do znalezienia rozwiązania, co hamuje działanie właściwych procesorów (efekty torowania). Myślenie zmierza niejako w błędnym kierunku aż dochodzi do impasu. W efekcie słabiej rezonujące procesory zaczynają powoli formować koalicję integrującą elementy, które były dotychczas hamowane; aktywność tych elementów wzajemnie się wzmacnia aż rezultat ich działalności wygrywa konkurencję i przełamując impas pojawia się w świadomości. Dostrzeżenie alternatywy dla toku rozumowania, który doprowadził do impasu wywołuje reakcję emocjonalną i skupienie się nad nowym kierunkiem. Udało się przeprowadzić zarówno eksperymenty psychologiczne jak i obrazowania mózgu w czasie rozwiązywania stosunkowo prostych problemów wymagających wglądu, z których wynika, że główną strukturą zaangażowaną w te procesy jest tylna część prawostronnej górnej bruzdy skroniowej [38].

Jak to może wyglądać na poziomie aktywności neuronowej? Stany pamięci roboczej poddające się kategoryzacji powstają z pobudzeń odpowiadających fragmentom reprezentacji wewnętrznych różnych stanów tworzących się głównie na skutek pobudzeń zmysłowych; prawdopodobieństwo spójnego, wcześniej widzianego układu jest największe, ale pobudzić może się jakkolwiek inny układ. Kora skojarzeniowa działa jako pamięć autoasocjacyjna, dopełniając fragmenty przedstawianych wzorców. Poszczególne neurony działają dość chaotycznie, w układzie nerwowym powstają więc fluktuacje, ujawniają się na krótko nowe wzorce. Wiele z tych wzorców jest bez sensu, to znaczy nie są wspierane przez inne lokalne

sieci, nie powodują na tyle silnych pobudzeń by wygrać konkurencję i pojawić się jako element pamięci roboczej, który może podlegać kategoryzacji i wartościowaniu, a więc stać się elementem świadomym. Emocje związane są ze wzrostem produkcji neurotransmiterów, sprzyjają więc zwiększonym fluktuacjom działania neuronów, umożliwiając silniejsze pobudzenia nietypowych konfiguracji mikroobwodów neuronowych, sprzyjają też skupieniu uwagi nad wybranymi elementami zagadnienia. W efekcie nowym wzorcem łatwiej jest „przebić się” w konkurencji do pamięci roboczej. Fluktuacje odpowiedzialne są za wyobraźnię, produkująca jednocześnie tysiące mało prawdopodobnych kombinacji, oceny emocjonalne za filtrowanie pozwalające ujawnić się tylko tym elementom, które z jakiegoś punktu widzenia są interesujące.

Do realizacji sztucznej wyobraźni i twórczego działania potrzeba:

- Układu percepcyjnego, który dostarcza podstawowych atrybutów i elementów, z których można budować fragmenty reprezentacji wewnętrznych, pozwalających na rozróżnienia istotnych z punktu widzenia organizmu sytuacji.
- Dynamicznej sieci neuronowej, która zapamiętuje różne konfiguracje tych elementów jako stany wewnętrzne, potrafiąc je odtworzyć z fragmentów lub podobnych sytuacji.
- Chaotycznych pobudzeń tej sieci, które mogą wytworzyć w niej różne konfiguracje pobudzeń; mało prawdopodobne konfiguracje będą bardzo krótkotrwałe.
- Sieci oceniającej, która wzmacnia niektóre z przypadkowych pobudzeń, bardziej prawdopodobnych w świetle poprzednio nauczonych wzorców, lub kojarzących się z różnymi aspektami postawionego zadania.

Konkretnym przykładem może tu być szukanie ciekawych skojarzeń słownych. W pierwszym kroku potrzebna jest wiedza podstawowa o strukturach języka. Trzeba przeanalizować morfologiczne i fonetyczne własności wielu słów ucząc sieć neuronową ich regularności, rozbicia słów na fonemy i morfemy. Zadaniem wymagającym myślenia twórczego będzie poszukiwanie skojarzeń dla jakiejś grupy słów, np. opisujących jakąś firmę lub produkt, dla którego poszukujemy dobrej nazwy. Zwykle odbywa się to przy pomocy burzy mózgów: startując z początkowego opisu pojawiają się nowe skojarzenia i wstępne propozycje nazw, aż dojdzie do zaproponowania nazwy, która będzie miała w sobie właściwe skojarzenia i zostanie uznana za najbardziej interesującą.

Proces ten można zalgorytmizować. Startując z początkowej puli wyrazów należy najpierw utworzyć zbiór skojarzeń, które pojawić się mogą w mózgu osoby poszukującej nowej nazwy. Należy do tego użyć synonimów, robiąc analizę morfologiczną i fonologiczną, rozbijając dane i skojarzone wyrazy na sylaby, rdzenie, prefiksy i sufiksy. Symulacja wyobraźni polega na łączeniu tych fragmentów w różne ciągi, których może być oczywiście ogromnie dużo. Łączenie nie powinno być całkiem przypadkowe, gdyż należy się spodziewać, że pewne fragmenty, pojawiające się w określonym języku często, będą miały silniejszą tendencję by się razem zgrupować niż takie fragmenty, które np. trudno jest wymówić. Potrzebny jest więc model probabilistyczny, narzucający pewne więzy na możliwe konfigura-

cje rozpatrywanych fragmentów. Ocena, na ile łatwo będzie dany ciąg znaków wymówić jest pierwszym filtrem przydatności, po którym może nadal zostać tysiące pseudosłów.

Drugi filtr powinien określić, które z tych pseudosłów są interesujące. Są tu dwa komponenty: emocjonalny, związany z indywidualnymi skojarzeniami i preferencjami, który trudno jest uchwycić, oraz bardziej obiektywny, związany z „gęstością semantyczną” w pobliżu danego wyrazu, tzn. z liczbą potencjalnych interesujących skojarzeń, jakie nowe pseudosłowa mogą wywołać.

Poniżej podaję przykład pośredniego etapu radosnego słowotwórstwa sieci neuronowej na różne tematy związane z argumentami, czułymi lub ostrymi; wszystkie słowa dają się dobrze wymawiać i większość z nich ma liczne sensowne skojarzenia:

ardyczulać ardychstronność
 ardywialiwić ardykloność
 ardywializować ardywianacje
 argadolić argadziancje
 arganiastość arganastyczna
 arganialność arganiczna
 argasknie argasknika
 argaszyczny argaszynek
 argażni argulachny argatywista
 argumialent argumiadać
 argumialenie argumialiwić
 argumializować argumialność
 argumowny argumofon argumował argumowalność

Filtr emocjonalny powinien teraz określić, że „argumiadać” to całkiem interesujące słowo, bo kojarzy się z kimś, kto argumentuje tak intensywnie, że można to nazwać ujadaniem. Taki filtr można próbować zastąpić badaniem gęstości skojarzeń semantycznych dla dwóch fragmentów, „argum” i „iadać”. Oczywiście przydałaby się tu bardziej subtelna analiza relacji w przestrzeni koncepcji, ale nawet najprostsza wersja prowadzi do interesujących skojarzeń. Firma archeologiczna szukająca amatorów do pomocy w wykopaliskach może np. nazwać się „Digventures”. Obydwa fragmenty, „dig” i „venture” mają liczne skojarzenia, dlatego ta nazwa jest interesująca (Google nie znalazł identycznej nazwy w listopadzie 2005). Mogą jej używać firmy oferujące wyprawy z przygodami, firmy zajmujące się finansami, cyfrowymi technologiami, archeolodzy organizujący wykopaliska, itd.

Model tworzenia nowych, interesujących wyrazów, inspirowany przez postulowane tu mechanizmy działania mózgu można zrealizować na poziomie symulacji neuronowych, w oparciu o rozwiniętą przez Grossberga i jego współpracowników teorię adaptacyjnych rezonansów (ART, Adaptive Resonance Theory). W modelach ARTWORD i ARTPHONE [39] uwzględnia się oddziaływania wstępujące, od pierwotnej kory słuchowej, dostarczającej i

filtrującej informację o charakterze fonetycznym, oddziaływania konkurencyjne pomiędzy formującymi się sekwencjami fonemów, oraz procesy uwagi, kontrolujące oddziaływanie przechowywanych w pamięci roboczej fonetycznymi reprezentacjami słów i pamięcią długoterminową, zawierającą reprezentacje różnych słów. Grossberg sugeruje, że świadome rozpoznawanie słów związane jest z falą pobudzeń takiej sieci, stosując swój model do wyjaśnienia licznych efektów fonetycznych, takich jak dopełnianie zaszumionych fragmentów wyrazów, efekty torowania, błędów w rozpoznawaniu liter w wyrazach o różnej długości i wielu innych efektów. Modelu tego nie zastosowano jeszcze do symulacji tworzenia nowych wyrazów ani zagadnień związanych z innymi aspektami działania mózgu w twórczy sposób.

Podobne mechanizmy leżą zapewne u podstaw twórczości plastycznej i wyobraźni wzrokowej. Układ wzrokowy jest niestety znacznie bardziej skomplikowany, można jednak z grubsza zaproponować tu następujący algorytm. Przypuśćmy, że celem systemu jest stworzenie nowego, interesującego portretu. Najpierw na leży nauczyć sieć neuronową rozpoznawania twarzy. W tym celu trzeba użyć sieć autoasocjacyjną tak, by zapamiętała szereg zdjęć i potrafiła sobie je „przypomnieć” po pokazaniu podobnych zdjęć tych samych osób. Realistyczna symulacja powinna dokonać podobnej analizy obrazu, jak nasz układ wzrokowy, rozkładając informację wizualną wykorzystując naturalne dla układu wzrokowego filtry i rozbijając ją na „kanały”, takie jak elementarne kształty, z których składa się bardziej złożone kształty, rozkład na wysokie i niskie częstotliwości obrazu, kolor, ruch. Sposób przechowywania w mózgu reprezentacji wizualnych obiektów nie jest jeszcze dokładnie poznany, ale można dokonać opisanych powyżej transformacji i przechowywać informację o oglądanych twarzach w odpowiednio skonstruowanych sieciach autoasocjacyjnych.

Zamiast rozpoznawania twarzy zbadajmy teraz zachowanie sieci po wprowadzeniu do jej połączeń synaptycznych silnego zaburzenia i pobudzeniu zniekształconym, silnie zaszumionym obrazem dowolnej twarzy. Proces asocjacji, jaki takie pobudzenie wywoła, doprowadzi do powstania wyobrażeń licznych twarzy, tworzenia się sekwencji obrazów inspirowanych przez wcześniej nauczone twarze, ale od nich odmiennych. Można też uszkadzać przypadkowo wybrane połączenia w większej sieci, co spowoduje zlewanie się niektórych basenów atrakcji, odpowiedzialnych za pamięć poszczególnych obrazów, ale stracimy w ten sposób kontrolę nad rezultatami. Podobny rezultat osiągnąć można metodami statystycznymi, jeśli będą one modelować procesy neuronowe np. przez interpolację różnych cech w wielowymiarowej przestrzeni. Dopóki robimy transformacje lub wprowadzamy fluktuacje w nienaturalnej dla układu wzrokowego przestrzeni intensywności pikseli dostaniemy jedynie jakieś interpolacje, w najlepszym przypadku morfing między kilkoma zdjęciami. Jednakże wprowadzenie zaburzeń w przestrzeni kodującej kształty lub kolory powinno dać znacznie ciekawsze rezultaty, gdyż podobnie jak w przypadku wyrazów będziemy mieli fragmenty reprezentacji, kontrasty, krawędzie i kolory, łączące się ze sobą w różny sposób, prowadząc do zaskakujących efektów końcowych.

Wyobraźnia wzrokowa nie wydaje się więc być wielkim problemem, chociaż z technicznego punktu widzenia może nie być łatwa, ze względu na konieczność realizacji odpowiednich

transformacji obrazu oraz nauczania systemu zróżnicowanych „reprezentacji wewnętrznych” obrazów. Można tą metodę zastosować do prostych obrazów zawierających pojedyncze obiekty, takie jak twarze czy drzewa. Nie da się jednak tak prostego podejścia zastosować do analizy scen, w których konieczna jest segmentacja obrazu i zrozumienie relacji pomiędzy występującymi na nim obiektami.

Problem oceny na ile obraz powstały w tak skonstruowanej sztucznej wyobraźni jest interesujący i który obraz powinien się pojawić na wyjściu systemu jest znacznie trudniejszy niż w przypadku słów. Bez dobrego modelu całego mózgu, oraz jego rozwoju w naturalnym środowisku, nie da się skonstruować dobrego filtra emocjonalnego. Z technicznego punktu widzenia można go próbować zastąpić oceną człowieka, realizowaną za pomocą algorytmu ewolucyjnego. W tym celu należy zastosować wiele różnych transformacji, pokazując ich rezultaty człowiekowi, który wybiera te obrazy, które mu się najbardziej podobają. Transformacje są sparametryzowane, dzięki czemu można pójść w kierunkach, które są dla danej osoby człowieka, z jego subiektywnego punktu widzenia, najciekawsze. Filtr oceniającym jest więc w końcowym etapie reakcja estetyczna człowieka. Prowadzi to do czegoś w rodzaju sztuki genetycznej, ale z wyobraźnią startującą od realnych obrazów, a nie z abstrakcyjnymi obrazami określonymi przez zespół parametrów, jak to się dzieje w przypadku sztuki genetycznej, opartej zwykle na obiektach fraktalnych. W stosunku do sztuki genetycznej jest to więc meta-poziom, na którym ewolucji podlegają sposoby widzenia, transformacje w abstrakcyjnych, wielowymiarowych przestrzeniach, a nie same obrazy.

4. Dyskusja i konkluzje

Procesy twórcze należą do najbardziej tajemniczych zjawisk mentalnych. Neurokognitywne podejście do umysłu [21] pozwala w prostych sytuacjach na zrozumienie ich prawdopodobnego podłoża. Przedstawione powyżej rozważania są z natury rzeczowe dyskusyjne, gdyż nie wiemy jeszcze zbyt wiele rzeczy o sposobie funkcjonowania mózgu by formułować szczegółowe modele procesów odpowiedzialnych za działanie umysłów, a w szczególności za działanie twórcze. Jest całkiem prawdopodobne, że pomiędzy działaniami rutynowymi, takimi jak rozumienie wypowiedzi, wymagającymi antycypacji, wnioskowania i szerokiej wiedzy, a działaniami twórczymi nie ma istotnych różnic jakościowych.

Dlaczego nauka umiejętności (np. jazdy samochodem lub pisania na klawiaturze) wymaga początkowo świadomej uwagi, a po pewnym czasie dobrze wyuczone czynności wykonywane są całkowicie nieświadomie? Jak to, co świadome, przechodzi w nieświadome? Do niedawna uważano to za jeden z najbardziej tajemniczych procesów [40]. Szkic wyjaśnienia wygląda następująco.

1. Uczenie się złożonych czynności wymagających percepcji wzrokowej i reakcji ruchowych jest trudne; wyniki działania muszą być dostępne tak, by można było porównać zamierzony skutek (przewidywania modelu wewnętrznego) i skutek osiągnięty.

2. Świadomość nie jest czynnikiem kontrolującym proces uczenia: od początku uczą się tylko wyodrębnione obszary mózgu specjalizujące się w analizie percepcji, podejmowaniu decyzji, kontroli ruchu, oraz sprzężenia senso-motorycznego, obszary które w końcowej fazie treningu mogą działać całkiem automatycznie. Jednakże nie mając jeszcze wyrobionych odruchów musimy poświęcić całą uwagę na odszukanie właściwego klawisza czy pedału, wprowadzenie tej informacji do pamięci roboczej i udostępnienie uczącym się procesorom, a to prowadzi do wielu świadomych wrażeń stwarzając wrażenie świadomego sterowania.
3. Wyspecjalizowane procesory (złożone z kolumn korowych) mogą wchodzić w bardzo złożone interakcje, początkowo „proponując” wiele możliwości łączących wszystkie kroki, od percepcji do decyzji i działania; z powstającą w ten sposób sekwencją kojarzona jest jej wartość (odczuwana jako pobudzenie emocjonalne) w oparciu o rozbieżność pomiędzy osiąganymi i oczekiwanymi skutkami; nadawanie wartości uogólnia się na sekwencje nigdy nie użyte, z wielu potencjalnie możliwych sekwencji wybierana jest ta o największej wartości, a po każdym działaniu następuje korekta ocen.
4. Dopóki często potrzebna jest korekta podejmowanych akcji informacja o wynikach działania obszarów podlegających uczeniu się musi być globalnie dostępna w mózgu, dlatego wygrywa konkurencję z innymi procesami i pojawia się w pamięci roboczej. Procesy w pamięci roboczej są uświadamiane gdy pojawia się sprzężenie pomiędzy nimi a obszarami, które mogą komentować (w sensie werbalnym – słów lub myśli, lub w sensie podejmowania działań) stany pamięci roboczej, jak i zapamiętać przeżywany epizod.
5. Rozbieżności pomiędzy zamierzonym a osiągniętym rezultatem odczuwane są jako nieprzyjemności, a właściwe działanie uruchamia mechanizm nagrody; taka interpretacja stanów pamięci roboczej w terminach emocjonalnych wynika z konieczności zwiększenia plastyczności neuronów w czasie uczenia się, zależnej od obecności dużej ilości neurotransmiterów, dostarczanych przez podkorowe jądra układu limbicznego; reakcje emocjonalne pozwalają więc na zmianę fizycznej struktury połączeń w mózgu, umożliwiając oczekiwane działanie.
6. Końcowe etapy uczenia umiejętności są jedynie doskonaleniem map sensomotorycznych, nie wymagają dużych korekt i nie wygrywając konkurencji by dostać się do pamięci roboczej, mogą więc zachodzić całkowicie poza świadomością.

Chociaż automatyzacja wyuczonych czynności wydaje się nie mieć wiele wspólnego z procesami twórczymi szereg mechanizmów wygląda tu podobnie: rozpoznawanie elementarnych ruchów, ich skutków, tworzenie kombinacji sekwencji, konkurencja pomiędzy nimi oraz oceny emocjonalne, filtrujące podejmowane działania, które pojawiają się jako stany wolicjonalne i są uświadamiane. Każda nauka jest więc swojego rodzaju twórczością.

Neurokognitywna teoria działania umysłu pozwala zrozumieć, dlaczego mamy takie wrażenia, jakie mamy.

- Wrażenia (qualia) w oczywisty sposób zależą od mechanizmów poznawczych, wymagając specyficznej interpretacji struktury sygnałów dochodzących ze zmysłów lub z kory zmysłowej; habituacja, intensywna koncentracja lub przesuwanie uwagi powodują zanik wrażeń. Np. wzrokowa segmentacja obiektów, oddzielanie obiektów od tła, to proces poznawcze zachodzący automatycznie, konieczne do powstania wrażeń, a w licznych eksperymentach można zobaczyć, jak silnie skupianie uwagi może zmienić wrażenia, a nawet je całkowicie wymazać z umysłu tak, że można patrzeć nie widząc [30][34]. Bez interpretacji nie ma wrażeń.
- Aktywność wyspecjalizowanych obszarów kory wzrokowej potrzebna jest do powstania określonych wrażeń, np. uszkodzenia obszaru V4 kory wzrokowej prowadzą do zaniku wrażeń koloru, a uszkodzenia obszaru MT prowadzą do braku wrażeń ruchu [42]; wrażenia związane z działaniem zmysłów powstają na skutek interpretacji aktywności obszarów mózgu wyspecjalizowanych w analizie określonego typu sygnałów i bez możliwości aktywacji stanów tych obszarów nie mogą powstać; przykładem jest tu ślepowidzenie (blindsight), w którym w wyniku uszkodzenia pierwotnej kory wzrokowej (V1) zanika wrażenie widzenia, nie ma bowiem rozróżnialnych stanów pamięci roboczej o strukturze relacyjnej charakterystycznej dla wrażeń wzrokowych; chociaż szczątkowa informacja z oczu nadal dociera do mózgu pozwalając na pewne rozróżnienia to związane z tym wrażenia są jednak całkiem odmiennej natury i prowadzi to do poważnego obniżenie kompetencji behawioralnej.
- Aktywność wyższych ośrodków wzrokowych konieczna do rozpoznawania obiektów i orientacji przestrzennej, jak i wszystkich innych ośrodków związanych z percepcją, opiera się na konfiguracjach wstępnie przetworzonej informacji zmysłowej zawierającej skwantowane elementy, np. fonemy, krawędzie, znaki graficzne, słowa, czy elementarne kształty. Wtórna kora zmysłowa odpowiedzialna jest za interpretację wstępnie przetworzonych sygnałów dochodzących z pierwotnej kory zmysłowej; uszkodzenia wtórnej kory zmysłowej prowadzą do asymbolii, niezdolności do rozumienia wrażeń pomimo fizycznego odczuwania bodźców, np. niezdolności do rozpoznawania przedmiotów za pomocą dotyku (astereognozja) lub odczytania znaków graficznych.
- Trening percepcyjny [43] zmienia i wyostża wrażenia nie tylko u dzieci ale i osób dorosłych, zmiany w mózgu następują już na poziomie wczesnego przetwarzania, np. w jądrach oliwek górnych, określających różnice w intensywności i czasie dźwięków docierających do obu uszu, co pozwala na lokalizację źródeł dźwięku; nauka dyskryminacji dźwięków, smaków, kształtów czy kolorów zmienia doznawane wrażenia; nowe wrażenia dostępne są również we śnie. Pamięć konieczna jest do odpowiednich interpretacji: wrażenia zmieniają się pod wpływem substancji modyfikujących działanie pamięci.
- Dlaczego zawiązywanie sznurówek nie wiąże się z powstawaniem wrażeń a jedzenie lodów tak? Pamięć epizodyczna związana z częściowym odtworzeniem pamięci roboczej w momencie epizodu, powstają stany rezonansowe z zapamiętanymi elementami epizodu i reprezentacji danych zmysłowych, a więc również interpretacja stanu mózgu w postaci wrażeń; pamięć proceduralna związana jest z wyuczonymi transformacjami sensomotorycznymi, percepcja i działanie są tu bezpośrednio powiązane, nie powstają stany rezonansowe z zapamiętanymi reprezentacjami zmysłowymi, nie ma więc wrażeń.

- Od dawna wiadomo, że bez kognitywnej interpretacji stanu mózgu nie pojawia się wrażenie bólu (np. [44]); ból jest zwykle nieprzyjemny, ale może być obojętny (asymbolia bólu, wynikająca z uszkodzenia wtórnej kory czuciowej) lub być interpretowany jako przyjemny (masochizm); podanie *placebo* może zmniejszyć lub całkowicie znieść odczuwanie bólu; intensywność i nieprzyjemność odczuwania bólu powinna być proporcjonalna do niebezpieczeństwa trwałego zranienia, ze względu na funkcję ewolucyjną wrażenia bólu; intensywna koncentracja na doświadczeniu bólu (jak i każdym innym doświadczeniu zmysłowym) zupełnie go zmienia; *causalgia*, czyli piekący ból pourazowy, może zostać wywołany przez dotyk, hałas lub cokolwiek innego i jest wynikiem wewnętrznej interpretacji stanów mózgu, a nie fizycznych doznań.
- Niewłaściwa interpretacja stanów mózgu prowadzi do powstania wrażeń oderwanych od bodźców zmysłowych. Po amputacji kończyny pierwotna kora somatosensoryczna przestaje odbierać sygnały i wrażenia czuciowe zmieniają się z powodu reorganizacji map korowych i braku hamowania dochodzących do niej pobudzeń; wywołuje to wrażenie kończyn fantomatycznych; iluzje takich kończyn dają się łatwo wywołać przez korelację wrażeń wzrokowych i dotykowych [45], np. stymulację wzrokową z odbiciem w lustrze.
- Wrażenia powinny mieć różne własności strukturalne, dostosowując się do specyficznych możliwości analizy sygnałów o danej modalności, np. wzrok ma strukturę przestrzenną, podobnie jak dotyk, czucie temperatury i bólu, ale smak, zapach, myśli czy wyobrażenia nie mają takiej struktury. Synestezje pokazują szczególnie wyraźnie zależność wrażeń od interpretacji stanów mózgu.
- Uczucie wstrętu można wywołać za pomocą wrażeń wzrokowych, słuchowych, dotykowych, smakowych i zapachowych; jeśli różne źródła wywołują to samo wrażenie powinno być ono związane z pobudzeniem wyróżnionych obszarów mózgu (w tym przypadku tylnej części kory wyspy, ciała migdałowatego i kory okołoczolodołowej). Drażnienie różnych obszarów mózgu może wywołać śmiech i prawdziwą wesołość, chociaż interpretacja takich obserwacji nie jest jasna [48].

Podane powyżej przykłady wspierają hipotezę powstawania wrażeń w wyniku interpretacji wewnętrznych stanów mózgu. Można przewidzieć, które stany mózgu będą związane z wrażeniami oraz jaka będzie struktura tych wrażeń. W dyskusjach filozoficznych na temat świadomości brakuje dobrej (neuro)fenomenologii, pozwalającej na wytworzenie silnych skojarzeń pomiędzy obserwowanymi stanami mózgu a przeżywanymi wrażeniami.

Neurokognitywna teoria umysłu powinna doceniać rolę czynników genetycznych, odpowiedzialnych za rozwój ogólnych struktur mózgu, podkreślając jednocześnie rolę procesów uczenia się przez imitację i obserwację, a więc „rezonans” z innymi mózgami. Podstawowym procesem z ewolucyjnego punktu widzenia było kojarzenie rozpoznawanych kategorii obiektów i stanów w jakich się znajdowały z wartością, jaką przedstawiały dla spełnienia potrzeb danej osoby, a więc skojarzenia afektywno-poznawcze. W szczególności zdolność do współ-odczuwania pozwala na zrozumienie stanów innych umysłów, ich cierpienia i radości, stanowiąc naturalne podstawy dla rozwoju moralności i etyki.

Najważniejszym brakującym elementem neurokognitywnej teorii umysłu było rozumienie procesów twórczych. Procesy twórcze wydają się być niczym nieograniczone, wychodzące poza schematy. Jednakże analiza reklam, uznany za najbardziej oryginalne, pokazała stojące za nimi „twórcze szablony” (*creativity templates*), stosowane obecnie w projektowaniu przez takie firmy jak Philips, Kodak czy Nike [49]. Można znaleźć wiele argumentów na poparcie przedstawionego w tym artykule podejścia do procesów twórczych, opracować dające się testować modele i propozycje konkretnych eksperymentów psycholingwistycznych, neurofizjologicznych, obrazowania mózgu [41], oraz znaleźć inspiracje dla komputerowego modelowania procesów twórczych. Jeszcze całkiem niedawno takie zagadnienia jak przejście od świadomych do całkowicie zautomatyzowanych, nieświadomych czynności, czy procesy twórcze były całkowicie zagadką. Obecnie mamy sensowne hipotezy dla prawie wszystkich zjawisk umysłowych i nawet jeśli okażą się one błędne jest to dobry punkt startu. Chociaż stworzenie pełnej, szczegółowej neurokognitywnej teorii wszystkich zjawisk mentalnych będzie długotrwałym procesem jesteśmy na dobrej drodze do tego celu.

Literatura

- [1] John Searl, *The future of philosophy*. Philosophical Transactions of the Royal Society series B, London, Vol. 354, 2069–2080, 1999.
- [2] Allen Newell, *Unified theories of cognition*. Harvard University Press, Cambridge, MA 1990.
- [3] Robert Piłat, *Umysł jako model świata*. Wyd. IFiS PAN, Warszawa 1999.
- [4] Rodney A. Brooks, *Flesh and Machines*, Pantheon Books, New York 2002
- [5] Daniel C. Dennett, *Kinds of Minds: Towards an Understanding of Consciousness*. Science Masters Series, Phoenix Paperback, 1996
- [6] Steven W. Laycock, *Mind as Mirror and the Mirroring of Mind: Buddhist Reflections on Western Phenomenology*, SUNY, Albany, NY, 1994
- [7] *The Surangama Sutra*, tł. Charles Luk, Buddha Dharma Education Association, BRIGHTHILL, Sri Lanka 1963
- [8] James H. Austin, *Zen and the Brain. Toward an Understanding of Meditation and Consciousness*. MIT Press, Cambridge, MA, 1999
- [9] Wanda Budohoska, Anna Grabowska, *Dwie półkule – jeden mózg*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1994
- [10] Michael S. Gazzaniga, Joseph E. LeDoux, *The integrated mind*. Plenum Press, New York 1977.
- [11] Stanley I. Greenspan, *Rozwój umysłu. Emocjonalne podstawy inteligencji*. Rebis, Nowe Horyzonty, Poznań 2000
- [12] Alison Gopnik, *How we know our minds: The illusion of first-person knowledge of intentionality*. Behavioral and Brain Sciences, 16, 1-14, 29-113 (1993).
- [13] Steven Pinker, *Tabula rasa. Spory o naturę ludzką*, Gdańskie Wyd. Psychologiczne 2004
- [14] Francisco Varela, Evan Thompson, Eleanor Rosch, *The Embodied Mind. Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge, MA: MIT Press 1991.
- [15] Steven Harnad, *The Symbol Grounding Problem*. Physica D, 42, 335-346, 1990.
- [16] Georges Ifrah, *The Universal History of Numbers. From Prehistory to the Invention of the Computer*. John Wiley and Sons, 1998
- [17] Peter Gordon, *Numerical Cognition without Words: Evidence from Amazonia*. Science, 306, 496-499, 2004
- [18] Stanislas Dehaene, *The Number Sense: How The Mind Creates Mathematics* (Oxford Univ. Press, New York, USA 1999

- [19] Abraham Pais, *Pan Bóg jest wyrafinowany*. Prószyński i S-ka 2001.
- [20] Arthur Koestler. *Lunacy. Historia zmiennych poglądów człowieka na wszechświat*. Poznań: Zysk i S-ka 2002.
- [21] Włodzisław Duch, *Neurokognitywna teoria świadomości*. Studia z kognitywistyki i filozofii umysłu (red. W. Dziarnowska i A. Klawiter). Tom. I, *Subiektywność a świadomość*. Zysk i S-ka, Poznań 2003, 133-154.
- [22] Włodzisław Duch, *Geometryczny model umysłu*. Kognitywistyka i Media w Edukacji, 6, 199-230, 2002
- [23] Włodzisław Duch, *Fizyka umysłu*. Postępy Fizyki 53D, 92-103, 2002
- [24] Włodzisław Duch, *Platonic model of mind as an approximation to neurodynamics*, in: Brain-like computing and intelligent information systems, ed. S-i. Amari, N. Kasabov (Springer, Singapore 1997), chap. 20, 491-512, 1997.
- [25] Włodzisław Duch, *Brain-inspired conscious computing architecture*. Journal of Mind and Behavior, 26(1-2), 1-22, 2005
- [26] Michael Gazzaniga, *O tajemnicach ludzkiego umysłu. Biologiczne korzenie myślenia, emocji, seksualności, języka i inteligencji*. Książka i Wiedza, Warszawa 1997
- [27] Włodzisław Duch, *Sieci neuronowe w modelowaniu zaburzeń neuropsychologicznych i chorób psychicznych*. Biocybernetyka 2000, Tom 6: *Sieci neuronowe* (red. W. Duch, J. Korbiacz, L. Rutkowski i R. Tadeusiewicz), rozdz. II.18, 589-616, 2000
- [28] Max Velmans, *Is human information processing conscious?* Brain & Behavioral Science 14, 651-726, 1991
- [29] Alison Gopnik, *How we know our minds: the illusion of first-person knowledge of intentionality*, Brain & Behavioral Science, 16, 1-15; 90-101, 1993
- [30] Daniel C. Dennett, *Consciousness explained*. Boston: Little, Brown and Co, 1991
- [31] David Bohm, *Wholeness and implicate order*. London: Routledge & Kegan 1980. Wyd. polskie: Ukryty porządek. Tłum. M. Tempczyk. Wyd. Pusty Obłok, Warszawa 1988.
- [32] Brian Knutson, Jeffrey Burgdorf, Jaak Panksepp, *Anticipation of play elicits high-frequency ultrasonic vocalizations in young rats*. Journal of Comparative Psychology, 112(1), 65-73, 1998
- [33] Stefan Soltysik, Piotr Jelen, *In rats, sighs correlate with relief*. Physiology & Behavior, 85(5), 598-602, 2005
- [34] J. Kevin O'Regan, Alva Noë, *A sensorimotor account of vision and visual consciousness*, Behavioral and Brain Sciences, 24, 939-1031, 2001
- [35] Bernard Baars, *Cognitive Theory of Consciousness*. Cambridge University Press, New York 1988.
- [36] Robert Weisberg, *Creativity: Genius and Other Myths*. W.H. Freeman & Co, 1986.
- [37] Robert J. Sternberg, J.E. Davidson (red.), *The Nature of Insight*, MIT Press, Cambridge, MA 1995
- [38] Edward Bowden, Mark Jung-Beeman, Jessica Fleck, John Kounios, *New approaches to demystifying insight*. Trends in Cognitive Sciences, 9(7), 322-328, 2005
- [39] Steven Grossberg, *Resonant neural dynamics of speech perception*. Journal of Phonetics 31, 423-443, 2003
- [40] Włodzisław Duch, Jacek Mandziuk, *Quo Vadis Computational Intelligence?* In: Machine Intelligence. Quo Vadis? Eds: P. Sinčák, J. Vaščák, K. Hirota. Advances in Fuzzy Systems - Applications and Theory. World Scientific, Vol. 21, 3-28, 2004
- [41] Friedmann Pulvermuller, *The Neuroscience of Language. On Brain Circuits of Words and Serial Order*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2003
- [42] Oliver Sacks, *Antropolog na Marsie*, Zysk i Ska, Poznań 1999.
- [43] Robert L. Goldstone, *Perceptual Learning*, Annual Review of Psychology, 49, 585-612, 1998
- [44] Henry K. Beecher, *Pain in men wounded in battle*. Annals of Surgery, 123, 96-105, 1946

- [45] V.S. Ramachandran, *Consciousness and body image: lessons from phantom limbs, Capgras syndrome and pain asymbolia*. Philosophical Transactions of the Royal Society London B, Vol. 353, 1851–1859, 1999.
- [46] *Synesthesia: Perspectives from Cognitive Neuroscience*. Lynn C. Robertson, Noam Sagiv (red), Oxford Univ. Press 2004.
- [47] Anne Schienle, R. Stark, B. Walter, C. Blecker, U. Ott, P. Kirsch, G. Sammer, D. Vaitl, *The insula is not specifically involved in disgust processing: an fMRI study*. Neuroreport, Vol. 15, 2023-26, 2002.
- [48] Barbara Wild, Frank A. Rodden, Wolfgang Grodd, Willibald Ruch, *Neural correlates of laughter and humour*. Brain, Vol. 126, 2121-2138, 2003.
- [49] Jacob Goldenberg, David Mazursky, *Creativity in Product Innovation*. Cambridge University Press 2002.

Słowa kluczowe: umysł, mózg, świadomość, filozofia umysłu, neurofenomenologia, procesy twórcze, automatyzacja czynności, reprezentacja słów.

Abstract

Neurocognitive theory of mind should why and under which conditions mental processes arise as a result of the brain processes. Neurophysiological events form a substrate that make the mind states possible, therefore are the necessary condition for existence of mental phenomena. Mental events arise due to resonances between expectations based on memory states and actual states resulting from sensory stimulation; thus mental states actualize potential internal states modified by current stimuli. Mental states arising in this way change the activated memory traces and create new memory traces, if these mental states are categorized as sufficiently important and novel.

Mental states are a reflection of neurodynamical brain states; their simplified evolution may be followed in the “mind space”, defined by the features or dimensions that can be identified in the inner experience. Properties of mental events arise from approximation to neurodynamics that leaves only aspects that may be correlated with mental states. An extreme simplification of neurodynamics leads to deterministic automata that describe only conditioned responses. All brain-like information processing systems must be based on distinguishable physical patterns of activity that are “dressed” in associations and potential actions. Qualia of mental states are inseparable, intrinsic aspects of brain-like information processing. Every system that may comment on the (physical) events reflected in the evolution of its mental state must claim to experience qualia and be conscious of them. Neurocognitive understanding of the nature of mind seems to be free of philosophical problems, explaining such subtle phenomena as the properties of qualia, or the process of skill learning, from conscious engagement to fully automatized subconscious performance. It also gives inspiration to practical applications.

This approach allows also for understanding the creative properties of the mind. The neural matter of the brain is the medium that is activated by many associations of the current state with the internal and external activation patterns, creating in parallel many new combinations of basic patterns and their relations, leading to imagination. Only a few of these imagined states win the competition to appear in the working memory (content of consciousness), filtered by emotional evaluation of how interesting they are. This model has been applied to creation of new words, simulating the brain-storming processes involved in creating names associated with a number of keywords.

Keywords: mind, brain, consciousness, philosophy of mind, neurophenomenology, creativity, representation of words, automatization of skill learning.