

Od mózgu do umysłu.

Włodzisław Duch

Katedra Informatyki Stosowanej UMK, Toruń

School of Computer Engineering, Nanyang Technological University, Singapore

Google: Duch

Po raz pierwszy w historii wiemy dostatecznie dużo by pokusić się o stworzenie teorii łączącej stany mózgu z subiektywnie odczuwanymi wrażeniami i stanami umysłowymi, a więc połączyć badania nad mózgiem i psychologię. Są to dwa zupełnie odrębne światy: z jednej strony komórki nerwowe (neurony) i przesyłane przez nie impulsy elektryczne, badane przez neurofizjologów, oraz cząsteczki chemiczne wpływające na sposób powstawania i przekazywania tych impulsów pomiędzy neuronami, badane przez neurochemie, a z drugiej strony znane z własnego doświadczenia stany emocjonalne, myśli, percepcja, wyobrażenia i pamięć, czyli stany poznawcze. Neurony pobudzane są impulsami przychodzącymi od innych neuronów; w uproszczeniu można powiedzieć, że zliczają impulsy. Co to ma wspólnego z moim światem wewnętrznym, pełnym dźwięków, kolorów, smaków, zapachów i emocji?

Do niedawna modele funkcji mózgu ograniczone były do funkcji percepcyjnych oraz modeli pamięci skojarzeniowych. Powstały bardzo dokładne symulatory zachowania pojedynczych neuronów i niewielkich grup połączonych ze sobą neuronów. Sztuczne sieci neuronowe pokazały, jak nawet proste modele mogą wyjaśnić procesy uczenia się i różnych rodzajów pamięci. Działania mózgu nie da się jednak sprowadzić do prostej sieci neuronowej, trzeba uwzględnić jego specyficzną architekturę, modułarną budowę kory mózgu, liczne struktury wyspecjalizowane w przetwarzaniu informacji określonego typu. Tak pozornie proste czynności jak chwytanie przedmiotów wymagają korelacji pomiędzy informacją płynącą z kory wzrokowej i aktywności kory ruchowej, która nadaje dłoni odpowiedni układ. Za koordynację tych informacji odpowiedzialna jest wyodrębniona część kory mózgu należąca do części ciemieniowej. Lokalne uszkodzenie tego obszaru kory, jakie może nastąpić np. z powodu wylewu krwi do mózgu, powoduje niezdolność do chwytania przedmiotów. Takie uszkodzenia nauczyły nas wiele o specjalizacji różnych obszarów mózgu. Dopóki wszystko dobrze działa możemy żywić złudzenie, że tajemnicze „ja” kieruje swoją wolą zachowanie organizmu. Kiedy jednak różne mechanizmy działania mózgu się załamują prawda wychodzi na jaw – „ja” jest jedną z wielu rzeczy, które tworzy mózg.

Wyższe czynności psychiczne, takie jak myślenie, rozwiązywanie problemów, rozumienie języka naturalnego, kreatywność, intuicja, nabywanie umiejętności, wymagające początkowo świadomego zaangażowania, wykonywane po nauczaniu w pełni automatycznie, bez udziału świadomości, wydawały się do niedawna całkiem tajemnicze. Chociaż nadal nie mamy szczegółowych modeli komputerowych tego typu czynności mamy przynajmniej wyobrażenie, jakie mogą wyglądać stojące za nimi procesy neurofizjologiczne, jak je powiązać ze stanami umysłu, jakie wykonywać eksperymenty by uściślić naszą wiedzę, oraz jak wykorzystać płynące stąd inspiracje do stworzenia komputerowych systemów. Dyskusja wykracza więc daleko poza mgliste rozważania typu „czym jest świadomość”, dominujące w popularnej prasie, zmierzając w kierunku pełnej neurokognitywnej teorii umysłu. Nazwa „neurokognityw-

na” podkreśla fakt, że czynności poznawcze (kognitywne) i działanie mózgu (a więc neuronów) to dwie strony tego samego medalu. Przy okazji powstaje nowa dziedzina, którą należy nazwać informatyką neurokognitywną, zajmująca się wykorzystaniem inspiracji płynących ze zrozumienia działania mózgu do tworzenia programów komputerowych, zdolnych do przetwarzania informacji w podobny sposób.

Słowo „umysł” odnosi się do wielu różnych zjawisk i psychologowie poznawczy nie przejmują się brakiem ogólnej definicji, badając różne manifestacje działania umysłu. W klasycznym ujęciu kognitywnym (kognitywistyka jest nauką o poznawaniu, a więc o umysłach), rozwijanym przez psychologów i specjalistów od sztucznej inteligencji od połowy lat 1970, [1] umysł uznawany jest za system kontrolny określający zachowanie się organizmu przy oddziaływaniach ze złożonym, zmiennym w czasie środowiskiem. Umysł realizowany za pomocą wielu współdziałających ze sobą podsystemów działa w oparciu o zgromadzoną wiedzę, którą można wyrazić za pomocą symboli jakiegoś języka. Takie podejście symboliczne oderwane jest od neurobiologii. Chociaż może być ono przydatne, należy uzasadnić, w jaki sposób modele symboliczne wiążą się z procesami zachodzącymi w mózgu, jak w nich uwzględnić stany emocjonalne oraz jak z przetwarzania symboli mogłyby powstać wrażenia, stanowiące podstawę naszego świata wewnętrznego.

Własności i odczucia, których jesteśmy świadomi są wewnętrznymi stanami umysłu, które mogą powstać na skutek zewnętrznych, albo też czysto wewnętrznych wzajemnych pobudeł struktur neuronowych mózgu. Starożytny indyjski tekst „Surangama Sutra” przetłumaczony w 705 roku na język chiński zawiera zdumiewająco współczesne stwierdzenia, np. „każde zjawisko, które poznajemy, jest jedynie manifestacją umysłu, który jest substratem wszystkiego”, oraz „umysł działa jakby na cieniach rzeczy”. Chociaż mamy nieodparte wrażenie, że wszystko co słyszymy i widzimy jest częścią zewnętrznego świata naprawdę możemy mówić jedynie o niektórych stanach swojego mózgu, wywołanych przez bodźce zewnętrzne lub stany wewnętrzne, ale nie o samej rzeczywistości. Widać to szczególnie wyraźnie w przypadkach złudzeń optycznych, lub halucynacji pod wpływem zatrucia czy choroby. Ponieważ złudzenia bierzemy ciągle za rzeczywistość trudno jest nam sobie wyobrazić, jak stany mózgu wiążą się ze stanami umysłu. Potrzebna jest do tego bardziej wnikliwa obserwacja stanów umysłu, powstawania świadomych odczuć, wrażeń zmysłowych i myśli.

Filozofia w 20 wieku podjęła próbę takiej dogłębnej analizy zjawisk umysłowych w ramach nurtu zwanego fenomenologią, jednakże zamiast oprzeć się na dogłębnej introspekcji odrzucając wszelkie z góry powzięte koncepcje dość szybko ugrzęzła w spekulacjach. Specjalistami od analizy stanów umysłowych są mnisi buddyjscy, a ich wiedza jest od lat przedmiotem zainteresowania ekspertów od badań nad mózgiem, szukających powiązania pomiędzy dającymi się obiektywnie mierzyć stanami neurofizjologicznymi i subiektywnymi stanami wewnętrznymi. Eksperti od badań nad mózgiem zrzeszeni w „Towarzystwie Neuronauk” (Society for Neuroscience), największym towarzystwie naukowym na świecie (liczy ono ponad 37 tysięcy członków) zaprosili na swój kongres w listopadzie 2005 roku duchowego przywódcę Tybetańczyków, Dalaj Lamę, który od dawna angażuje się w dyskusje z naukowcami na temat natury umysłu. Nakreślił on możliwe obszary współpracy, które obejmują dwie dziedziny, w których mnisi tybetańscy szkolą się przez lata: kontrolę uwagi i opanowanie i transformację emocji.

Świat wewnętrzny to świat relacji pomiędzy 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. 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 często powtarzające się, konfiguracje utrzymujące się nieco dłużej niż ułamki sekund, są pamiętane i później rozpoznawane jako percepty (czyli to, co postrzegane zmysłowo), myśli, wspomnienia, emocje, intencje; można je ogólnie nazwać „obiettami umysłu”. Obszary kory skroniowej związane z mową kojarzą z obiektami umysłu specyficzne pobudzenia, nadając im nazwy. Dzięki temu możemy do pewnego stopnia sygnalizować innym ludziom nasze stany wewnętrzne za pomocą mowy, wywołując w ich mózgach podobne stany do tych, które sami przeżywamy. Myśli są cichą mową, wewnętrznymi ciągami takich pobudzeń, które krążą w mózgu nie pobudzając obszarów kory czołowej (tzw. obszaru Brocka), odpowiedzialnych za uruchomienie aparatu głosowego. Niektóre osoby czytając poruszają ustami, czasami szepcząc a czasami bezgłośnie, ale większość z nas potrafi czytać nie pobudzając ośrodków ruchowych sterujących ustami.

Oddziaływania pomiędzy neuronami różnych typów tworzą podstawy do formowania się różnych lokalnych struktur pobudzeń fragmentów mózgu, a następnie tworzenia się większych struktur pobudzeń całego mózgu. Relacje pomiędzy stanami umysłu, chociaż ograniczone przez fizyczne struktury mózgu, są nieskończenie różnorodne, tworząc emergentny, 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 czyjegoś 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 w pełni zredukować świata umysłu do oddziaływań atomów. Podobnie nie można w pełni zredukować świata kultury, emergentnych zjawisk wynikających z oddziaływań wielu umysłów, do indywidualnego umysłu.

„Umysł jako funkcja mózgu” to na razie jedyne płodne podejście do zrozumienia funkcji umysłowych, będące podstawą bardzo szybko rozwijających się gałęzi neuronauk, w tym komputerowych modeli procesów psychicznych oraz ich zaburzeń. Kora mózgu, mająca 2-4 mm grubości, składa się z 6 warstw neuronów, można w niej też wyróżnić pionowe kolumny złożone z około 100.000 neuronów, z ogromną ilością mikroobwodów. Sygnały dochodzące do kory przetwarzającej dane zmysłowe prowadzą do powstawania powtarzalnych stanów pobudzeń tych mikroobwodów, odpowiedzialnych za wykrywanie regularności, np. dźwięków określonego typu, kolorów czy kontrastowych krawędzi o określonym nachyleniu. Kombinacja tych elementarnych doznań w dolnej i tylnej części kory skroniowej odpowiedzialna jest za rozpoznawanie obiektów za pomocą słuchu i wzroku. Neuropsychologia opisała szczegółowo różne typy zaburzeń mowy (afazje), związane ze zlokalizowanymi uszkodzeniami tych obszarów. Niektóre z nich są bardzo specyficzne, np. osoby cierpiące na afazję akustyczną, czyli zaburzenie rozpoznawania dźwięków niewerbalnych, odgłosów zwierząt

lub sygnałów akustycznych, nie potrafią wskazać obrazka kojarzącego się ze szczekaniem psa czy miauczeniem kota. Większość syndromów neuropsychologicznych ma obecnie swoje modele komputerowe, pokazujące jakiego rodzaju zaburzeń można się spodziewać na skutek nieprawidłowego przetwarzania informacji przez wyspecjalizowane struktury mózgu.

Nasze mózgi mają funkcjonalne sieci neuronów specjalizujące się w wykonywaniu działań określonego typu, np. kategoryzacji naturalnych dźwięków czy rozpoznawaniu twarzy. Obszary kory specjalizujące się w języku są silnie połączone z korą zmysłową z jednej strony oraz z obszarami kory czołowej, związanymi z podejmowaniem działań z drugiej strony. Rozpoznawanie obiektów na podstawie informacji zmysłowej wiąże się z określaniem kategorii stanów przyjmowanych przez różne obszary kory. Rzeczywiste obiekty, takie jak zwierzęta czy przedmioty, nie są nigdy widziane (ani słyszane) w identyczny sposób. Informacja o rozpoznanym obiekcie musi być dostępna wszystkim podsięciom mózgu, gdyż niektóre mogą z nią skojarzyć istotne działania. Taka informacja, pojawiająca się w pamięci roboczej, ma określoną kategorię, może więc być „komentowania” werbalnie, staje się więc informacją świadomą.

Zagadnienia związane z świadomością są nadal kontrowersyjne i trudno jest podać zadowalającą definicję pojęcia „świadomość”. Niezależnie od definicji jest obecnie sprawą jasną, że świadomość jest wynikiem specyficznej organizacji przetwarzania informacji przez mózg. Zaburzenia tego przepływu informacji powodują zanik świadomości specyficznych wrażeń lub choroby świadomości, tak jak się to dzieje w przypadku różnych chorób psychicznych. Wynika z tego, że również w sztucznych systemach, przetwarzających informację w podobny do mózgu sposób, powinna pojawić się świadomość. W takich systemach, podobnie jak w naszych mózgach, obiektom umysłu odpowiadać będą różne stany fizyczne wzajemnych pobudzeń obszarów kory mózgu (a raczej jej odpowiednika). Relacje pomiędzy tymi obiektami umysłu tworzyć będą wewnętrzną rzeczywistość, a strumień świadomości powstanie przez skojarzenia z innymi stanami i pamiętanymi sytuacjami. Każdy sztuczny system tego rodzaju, zdolny do komentowania swoich stanów wewnętrznych, będzie więc twierdzić, że odczuwa wrażenia. Owe „komentarze” oparte są na skojarzeniach i zdolności do nadawania symbolicznych nazw stanom różnej kategorii, a ich wyniki mogą przejawiać się w zmianie zachowania lub wpływać na pojawienie się kolejnych stanów wewnętrznych. Zrobienie świadomych systemów sztucznych nie będzie jednak rzeczą łatwą, bo organizacja przetwarzania informacji w mózgu nie przypomina wcale komputera.

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 reguł co eksperci szachowi[1]. Mózg szachisty zdolny jest do wykonywania znacznie większej liczby operacji niż komputer szachowy, i to tysięcy razy więcej. Dlaczego nie jesteśmy świadomi procesów prowadzących do pojawienia się pomysłów w naszej głowie? Częstkowe wyniki pracy mózgu są zbyt mało przydatne do podejmowania decyzji, poza tym jest ich zbyt wiele. Nie ma więc ani powodu, ani możliwości, by były rozpoznawane przez obszary mózgu zdolne do kategoryzacji stanów mózgu, a więc by mogły pojawić się w umyśle.

Co więc się dzieje w mózgu w czasie intensywnego myślenia czy innej działalności twórczej? Z grubsza wygląda to prawdopodobnie następująco[8]. 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 powtarzająca się 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 obszarom mózgu, które mogą coś wniesić do jego rozwiązania. Wymaga to wprowadzenia informacji, skupienia się nad zrozumieniem problemu tak, by informacja stała się powszechnie dostępna w całym mózgu.
2. W drugim kroku informacja udostępniona wszystkim obszarom mózgu wywołuje reakcję tych grup neuronów, które mogą skojarzyć, przetworzyć, lub coś do niej dodać.
3. Liczba możliwych transformacji danego problemu jest często bardzo duża, konieczna jest więc wstępna selekcja. Pomędzy obszarami mózgu, które uległy aktywizacji pod wpływem prezentowanej informacji, istnieje konkurencja o dostęp do pamięci roboczej. Oceny emocjonalne jak i poznawcze wybierają spośród wszystkich konkurujących ze sobą pobudeń mózgu te, które najlepiej pasują do wprowadzonej informacji, które zmieniają ją zbliżając 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. 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 obszary mózgu nie utworzą ciekawych skojarzeń z dostępną informacją 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 tego procesu.

Do myślenia i rozwiązywania problemów niepotrzebny jest więc żaden wysiłek, ważne jest przede wszystkim wstępne przygotowanie i odpowiednie skupienie! Można jednak podejrzewać, 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, jednakże ich „teorie wglądu” były oderwane od zrozumienia procesów zachodzących w mózguach[8]. Procesy te udało się częściowo zbadać dopiero niedawno[9]. Procesy odpowiedzialne za rozwiązywanie problemów są podobne do tych 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 stanowiącą podstawę dla odpowiedzi, jak i pojawienie się w strumieniu stanów pamięci roboczej odpowiedzi na poziomie świadomym. Procesy myślowe związane z wglądem prawdopodobnie pobudzają początkowo te obszary mózgu, które w niewielkim stopniu przydatne są do znalezienia rozwiązania danego problemu, co hamuje działanie obszarów, które są konieczne do jego znalezienia. W psychologii nazywa się to efektem torowania – myślenie zmierza niejako w błędnym kierunku aż dochodzi do impasu, konieczne jest świeże spojrzenie lub odłożenie problemu na później. W efekcie słabsze skojarzenia zaczynają powoli formować koalicję integrującą elementy, które były dotychczas hamowane; aktywność tych elementów wzajemnie się wzmacnia aż rezultat ich działalności wygrywa konkurencję o dostęp do pamięci roboczej i przełamując impas pojawia się w umyśle. Dostrzeżenie alternatywy dla toku rozumowania, który doprowadził do impasu, wywołuje reakcję typu Aha!

Dlaczego nauka umiejętności (np. jazdy samochodem) wymaga początkowo świadomej uwagi, a po pewnym czasie dobrze wyuczone czynności wykonywane są całkowicie nieświadomie? Jak to, co świadome, przechodzi w nieświadome? 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. Świadomość nie jest wcale czynnikiem kontrolującym proces uczenia, chociaż tak się nam wydaje: od początku uczą się tylko wyodrębnione obszary mózgu specjalizujące się w analizie percepcji, podejmowaniu decyzji, kontroli ruchu, obszary które w końcowej fazie treningu będą działać całkiem automatycznie. Pojawianie się wyników działań w pamięci roboczej pozwala „zdać sobie z nich sprawę”, umożliwiając kategoryzację stanów mózgu, a więc to co uznajemy za ich świadomą ocenę. 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. Rozbieżności pomiędzy zamierzonym a osiągniętym rezultatem odczuwane są jako nieprzyjemności, a właściwe działanie uruchamia mechanizm nagrody; taki związek stanów poznawczych pamięci roboczej z emocjami wynika z biologicznej natury procesów uczenia się. Neurony uczą się szybko mając do dyspozycji odpowiednio dużo neurotransmiterów, a te dostarczane są przez grupy neuronów leżące w głębi mózgu, w układzie związanym z emocjami (układzie limbicznym). Reakcje emocjonalne pozwalają więc na zmianę fizycznej struktury połączeń w mózgu, umożliwiając naukę. Końcowe etapy uczenia umiejętności są jedynie doskonaleniem map postrzegania-działania (map sensomotorycznych) realizowanych za pomocą nauczonych sekwencji transformacji od percepcji do

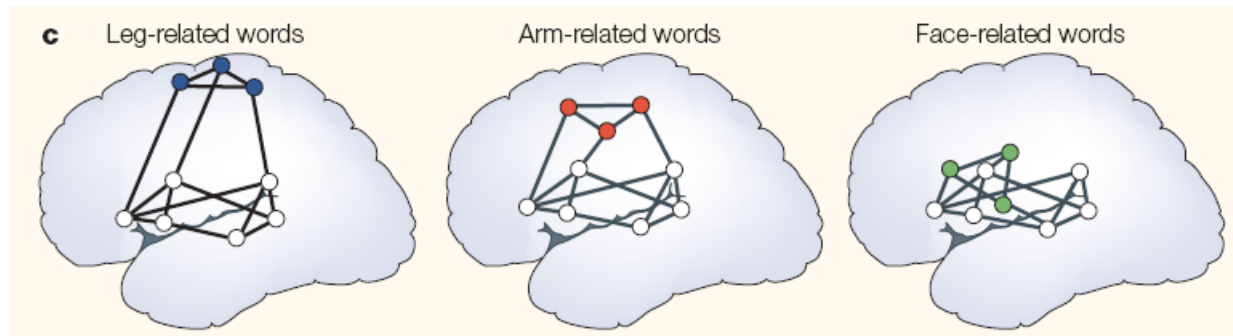
działania. Nie wymaga to istotnych zmian, więc nie ma potrzeby obciążania pamięci roboczej, doskonalenie umiejętności może więc zachodzić całkowicie poza świadomością.

Przedstawione powyżej rozważania są z natury rzeczy dyskusyjne, gdyż nie wiemy jeszcze zbyt wielu rzeczy o sposobie funkcjonowania mózgow 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. W szczególności każdy proces uczenia się jest swojego rodzaju twórczością.

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[10], oraz znaleźć inspiracje dla komputerowego modelowania procesów twórczych. Jeszcze całkiem niedawno takie zagadnienia jak przejście od świadomych do całkowicie zautomatyzowanych, nieświadomych czynności, czy też twórcze działania umysłu, były całkowitą zagadką. Obecnie mamy sensowne hipotezy dla prawie wszystkich zjawisk umysłowych i nawet jeśli okażą się one błędne jest to dobry punkt startu. Stworzenie szczegółowej, neurokognitywnej teorii wszystkich zjawisk mentalnych będzie długotrwałym procesem jesteśmy jednak na dobrej drodze do tego celu.

Literatura

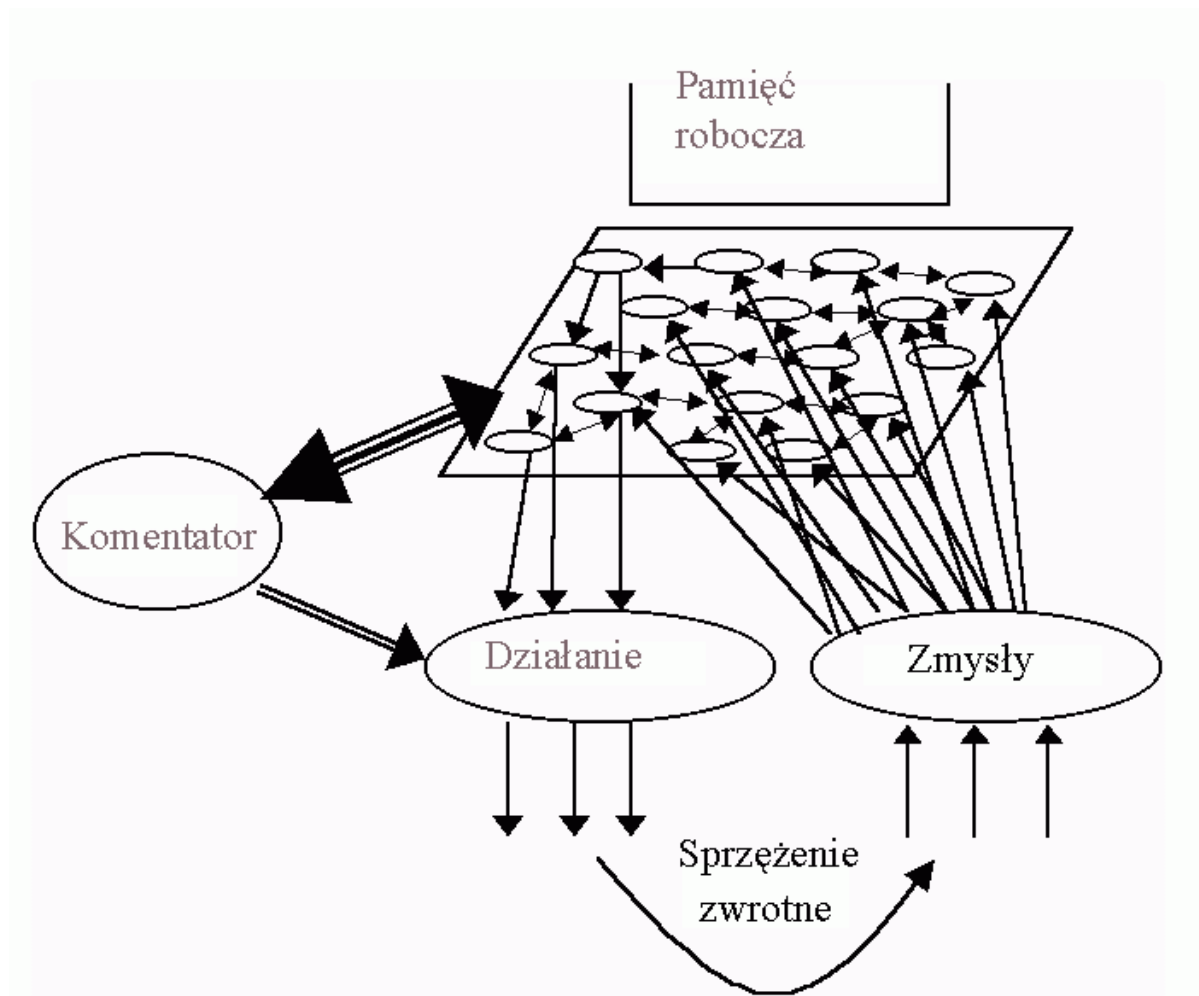
- [1] Allen Newell, *Unified theories of cognition*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1990.
- [2] Włodzisław Duch, *Sieci neuronowe w modelowaniu zaburzeń neuropsychologicznych i chorób psychicznych*. Biocybernetyka 2000, Tom 6: *Sieci neuronowe* (red. W. Duch, J. Korbicz, L. Rutkowski i R. Tadeusiewicz), rozdz. II.18, str. 589-616, 2000
- [3] 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, str. 133-154.
- [4] Włodzisław Duch, *Geometryczny model umysłu*. Kognitywistyka i Media w Edukacji, Vol. 6 (2002) 199-230.
- [5] Włodzisław Duch, *Fizyka umysłu*. Postępy Fizyki 53D (2002) 92-103.
- [6] 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, pp. 491-512, 1997.
- [7] Włodzisław Duch, *Brain-inspired conscious computing architecture*. Journal of Mind and Behavior, Vol. 26(1-2), 1-22, 2005.
- [8] R.J. Sternberg, J.E. Davidson (red.), *The Nature of Insight*, MIT Press 1995.
- [9] Edward Bowden, Mark Jung-Beeman, Jessica Fleck, John Kounios, *New approaches to demystifying insight*. Trends in Cognitive Sciences, Vol. 9(7), 322-328, 2005.
- [10] Friedmann Pulvermuller, *The Neuroscience of Language. On Brain Circuits of Words and Serial Order*. Cambridge University Press 2003.



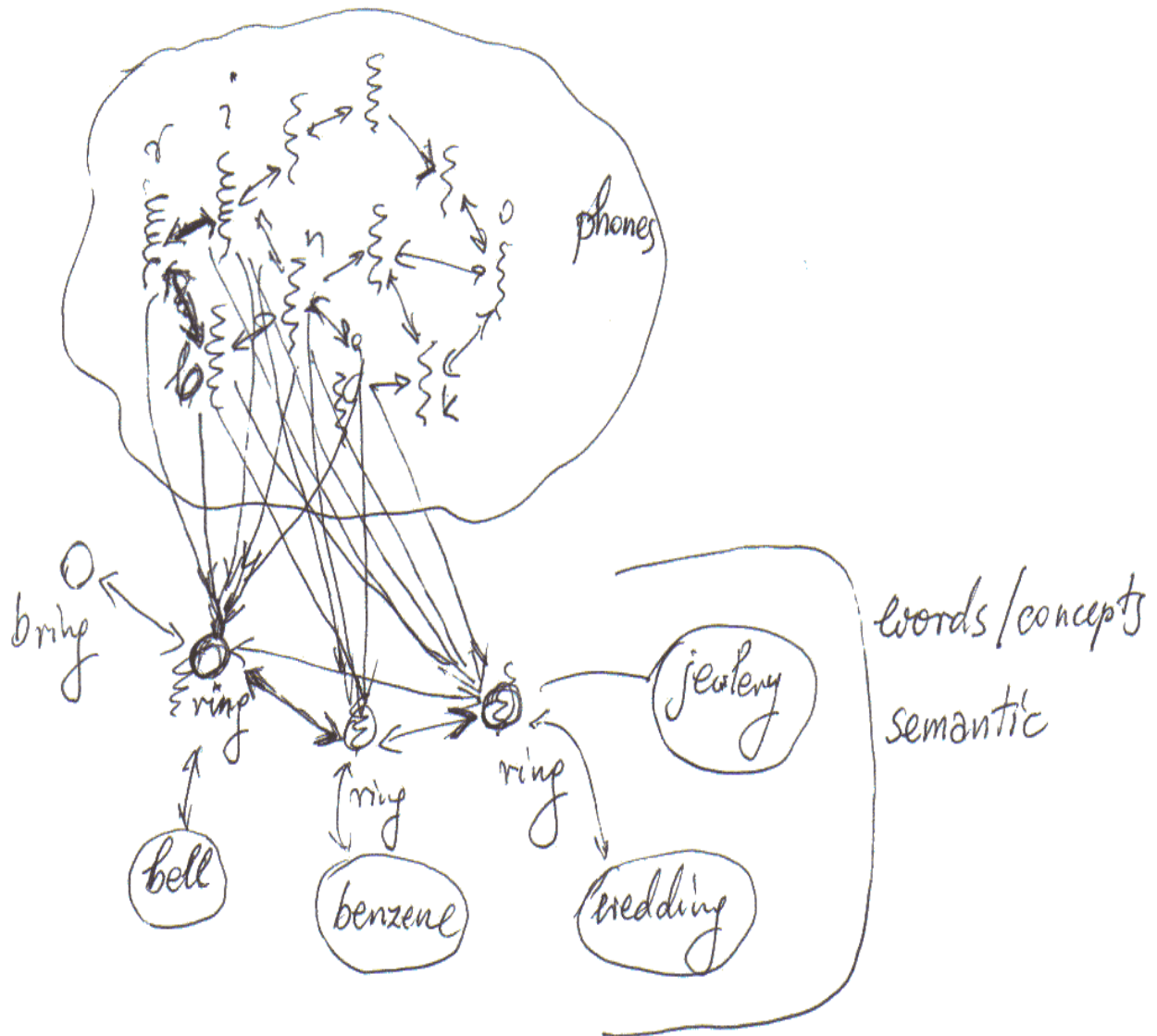
Czasowniki związane z używaniem nóg (biegać, kopać), rąk (chwycić, trzymać) i twarzy (liżać, ssać) uaktywniają różne obszary kory mózgu specjalizujące się w analizie sygnałów płynących z tych części ciała, oraz obszary kory słuchowej i okolic Brocka kodujące brzmienie wyrazów (Pulvermuller 2003).



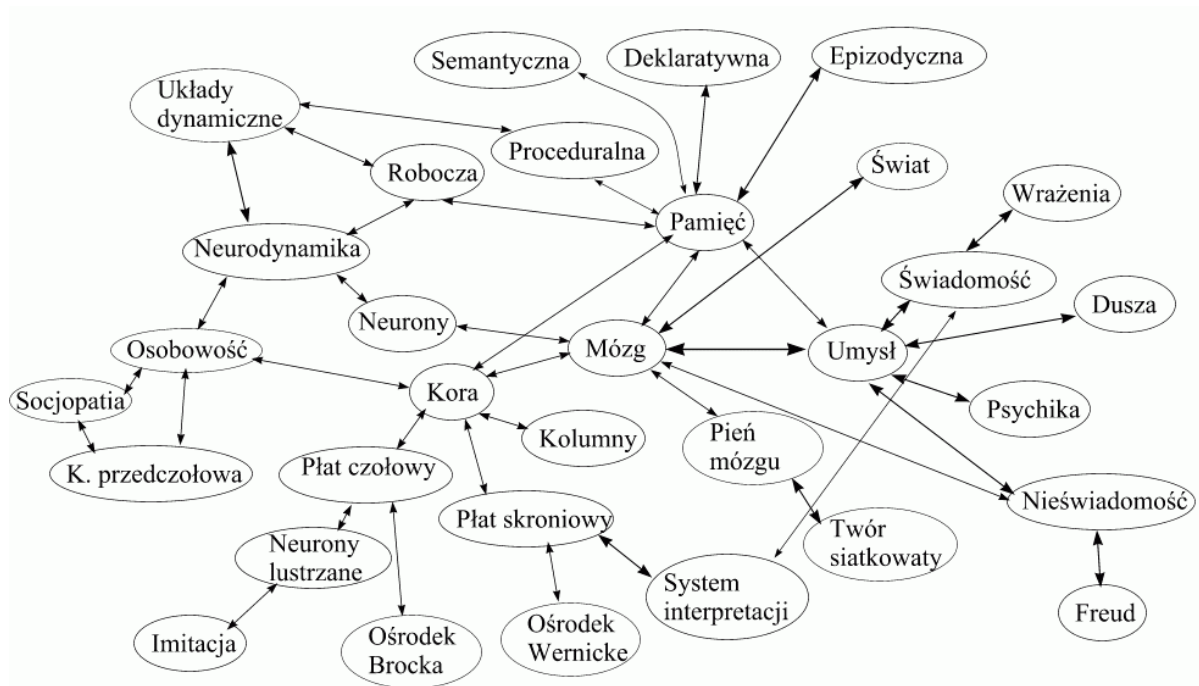
Schematyczna reprezentacja tworzenia się aktywnej podsięci neuronów w mózgu w czasie oglądania trzymanego w ręku przedmiotu.



W pamięci roboczej znajdują się informacje, których jesteśmy w danej chwili świadomi; jest ona aktywną podsicią składającą się z silnie wzajemnie się pobudzających grup neuronów (symbolizowanych przez kółka) w różnych częściach mózgu. Do niektórych grup dochodzą sygnały od kory zmysłowej, inne kontrolują działanie mięśni. Komentator jest częścią mózgu, która potrafi nadać symboliczne nazwy stanom pamięci roboczej.



Tworzenie się różnych słów w czasie słuchania r-i-n-g. Poszczególne fonemy pobudzają oscylujące neurony, tworząc reprezentację fonologiczną słowa. Jedno brzmienie odpowiadać może wielu znaczeniom, ale w danym kontekście pobudza się tylko jedno z nich, hamując aktywność pozostałych.



Skojarzenia między koncepcjami tworzą gęstą pajęczynę sieci semantycznej; tu niewielki fragment takiej sieci mieszczącej się w mózgu autora. Liczne książki na temat „map umysłu” i metod „supernauczania” doradzają, by w taki właśnie sposób robić notatki w czasie nauki, łącząc ze sobą koncepcje, które się powinny silnie kojarzyć.

