

OD NEURONU  
DO (SAMO)ŚWIADOMOŚCI

Bernard Korzeniewski

IDEE STANOWISKA LUDZIE

DOTYCHCZAS UKAZAŁY SIĘ:

<b>Richard Dawkins</b>	FENOTYP ROZSZERZONY Dalekosiężny gen
<b>James Lovelock</b>	GAJA Nowe spojrzenie na życie na Ziemi
<b>Leszek Kołakowski</b>	OBECNOŚĆ MITU
<b>Isaiah Berlin</b>	ROSYJSCY MYŚLICIELE
<b>Paweł Śpiewak</b>	OBIETNICE DEMOKRACJI
<b>Isaiah Berlin</b>	POKRZYWIONE DRZEWO CZŁOWIECZEŃSTWA
<b>G. J. Whitrow</b>	CZAS W DZIEJACH
<b>Richard P. Feynman</b>	PRZYJEMNOŚĆ POZNAWANIA
<b>Marcin Król</b>	BEZRADNOŚĆ LIBERAŁÓW Liberalizm wobec konfliktów i terroru

W PRZYGOTOWANIU:

<b>Mary Warnock</b>	EGZYSTENCJALIZM
---------------------	-----------------

# OD NEURONU DO (SAMO)- ŚWIADOMOŚCI

Prószyński i S-ka

Copyright © Bernard Korzeniewski, 2005

All rights reserved

## SPIS RZECZY

Recenzja

Prof. dr Anna Grabowska

Korekta

Aleksandra Milewska

Projekt okładki i stron tytułowych

Dorota Ostaszewska

Redakcja techniczna

Elżbieta Urbańska

Łamanie

Aneta Osipiak

ISBN 83-7337-954-1

Wydawca

Prószyński i S-ka

ul. Garażowa 7

02-651 Warszawa

Druk i oprawa

Wstęp .....	7
Oś przewodnia .....	11
1. Funkcjonowanie neuronu .....	13
2. Budowa i funkcja mózgu .....	25
3. Ogólna struktura sieci neuronalnej .....	52
4. Popędy, emocje, wolna wola .....	81
5. Natura obiektów mentalnych .....	99
6. Powstanie i istota (samo)świadomości .....	125
7. Sztuczna inteligencja .....	137
8. Ograniczenia poznawcze człowieka .....	144
Zakończenie .....	170
Sugestie dalszej lektury .....	172

## WSTĘP

W niniejszej książce staram się pokazać Czytelnikowi, jak świadomość, a w szczególności samoświadomość, stopniowo wyłania się z funkcjonowania nieświadomych elementów fizycznej rzeczywistości, kiedy od pojedynczego neuronu przechodzimy, przez coraz to bardziej złożone kompleksy komórek nerwowych, do ogromnie skomplikowanej sieci neuronalnej składającej się na ludzki mózg. Przejście to należy rozumieć dwojako. Po pierwsze, chodzi o biologiczną ewolucję naszego układu nerwowego od stadium pojedynczej komórki nerwowej zawiadującej „zachowaniem się” całego organizmu zwierzęcia (w którym to stadium pozostają do dzisiaj niektóre jamochłony) do skomplikowanego układu, jakim jest mózg. Po wtóre – o to, w jaki sposób właściwości pojedynczych neuronów w ludzkim mózgu prowadzą, po odpowiednim zorganizowaniu owych neuronów w pewną nadrzędną funkcjonalną strukturę, do wytworzenia zupełnie nowej jakości, nieobecnej w świecie fizycznym i u większości organizmów żywych, a mianowicie subiektywnej sfery fenomenów psychicznych; proces, który to sprawia, wydaje się niezmiernie zagadkowy. Ponieważ – o ile nam wiadomo – jesteśmy jedynymi istotami obdarzonymi świadomością (a przynajmniej świadomością na tak zaawansowanym stopniu rozwoju), gra idzie o najwyższą stawkę – o zrozumienie istoty człowieczeństwa.

Drugim moim zamierzeniem było kontynuowanie rozważań zawartych we wcześniejszych książkach, *Absolut – odniesienie urojone* i *Trzy ewolucje*, czyli prześledzenie implikacji płynących z poznanych już aspektów funkcjonowania ludzkiego mózgu dla statusu i ograniczeń naszego obrazu świata oraz możliwości jego poznania. Nieco skandalizując, a z pewnością mówiąc w dużym uproszczeniu, chodziło mi o postawienie i uzasadnienie tezy, iż wszystkie w zasadzie naczelne problemy filozoficzne da się sprowadzić do neurofizjologii.

Książki niniejszej nie można zatem uznać za pozycję *stricte* popularnonaukową; choć zawiera informacje dotyczące obecnego stanu wiedzy w dziedzinie neuropsychologii, prezentuje także moją własną, oryginalną wizję ludzkiego umysłu (głęboko wszakże zakorzenioną we współczesnej wiedzy naukowej, a moje opinie w wielu miejscach pokrywają się z opiniami innych autorów). Popularyzatorski sposób prowadzenia wywodu ma na celu ułatwienie lektury osobom nie będącym specjalistami w dziedzinie neurofizjologii: fizykom, humanistom, ale także prawnikom, lekarzom, ciekawym świata licealistom i studentom. Pisałem jednak niniejszą książkę z przekonaniem, iż może ona zainteresować biologów różnych specjalności (np. neurofizjologów, etologów, ewolucjonistów) oraz szeroką rzeszę filozofów i psychologów, szczególnie tych o orientacji kognitywistycznej. Starałem się przy tym jak najwyraźniej odgraniczyć popularyzowaną wiedzę od swoich własnych poglądów.

Natura oraz geneza psychiki i świadomości, mimo setek lat rozważań filozoficznych i badań naukowych, po dziś dzień pozostaje zagadką. W żadnym z licznych opracowań<sup>1</sup> na ten temat, które przeczytałem, nie znalazłem propozycji wystarczająco spójnego i zadowalającego wyjaśnienia samej istoty działania mózgu i jego związku z różnymi zjawiskami psychicznymi. Moją uwagę zwróciło w szczególności

<sup>1</sup> Niektóre dotyczące neurofizjologii pozycje dostępne w języku polskim są zamieszczone na końcu książki; nie ma tam prac filozoficznych na temat świadomości, ponieważ jest ich zbyt wiele i są nadmiernie zróżnicowane.

to, że wszelkie potencjalne wnioski o charakterze ogólnym rozpląwały się z reguły w powodzi anatomicznych i fizjologicznych szczegółów, nie zwieńczonych żadną integrującą je puentą. Dlatego, w przekonaniu, iż potrafiłem sobie wyrobić, po wielu lekturach i przemyśleniach, wizję, która mnie samemu wiele w głowie ułożyła i wytłumaczyła, zdecydowałem się przedstawić ją ocenie Czytelnika. Moim celem było dotarcie do samego sedna sprawy i wytworzenie możliwie ogólnego syntetycznego obrazu całości, przy jednoczesnym abstrahowaniu od wielu, niezmiernie skądinąd ciekawych i fascynujących, zjawisk szczegółowych, nie pozostających jednak w bezpośrednim związku z istotą umysłu i świadomości, a przez to mogących zaciemnić perspektywiczny obraz (mam nadzieję, że odpowiedni specjaliści nie wezmą mi tego za złe).

U podstawy niniejszego opracowania leży wiele fundamentalnych pytań. Co to jest **świadomość** (sama w sobie)? Co to jest świadomość **czegoś**? Czym są rozmaite obiekty mentalne – wrażenia, myśli, pojęcia, emocje, wspomnienia – „obecne” w naszym umyśle, lecz nie egzystujące w zewnętrznym, materialnym świecie? Czym różni się **wrażenie** róży, odbierane w danej chwili za pośrednictwem oczu, od **pojęcia** róży, które możemy przywołać z pamięci w jakimkolwiek momencie? Skąd biorą się „jakości” doznań zmysłowych? Na czym polega zjawisko pamięci? Dlaczego odczuwamy przyjemność i przykrość? Jaki jest neurofizjologiczny korelat **samoświadomości**, czyli świadomości własnej świadomości, własnego „ja”? W jakiej relacji względem siebie pozostają świadomość i samoświadomość, i czy jedna warunkuje drugą? Oto jedynie nieliczne z nich.

Na główne przesłanie książki składa się kilka podstawowych postulatów. Uważam (pozostając w zgodzie m.in. z Francisem Crickiem i jego *Zdumiewającą hipotezą*), że funkcjonowanie mózgu ma charakter emergentny – nie można go przypisać jego częściom, na przykład poszczególnym neuronom lub ich grupom (a zatem całość nie jest tu prostą sumą części). Dlatego właśnie sądzę, że świadomość stanowi pochodną pewnego funkcjonalnego wzorca czasoprzestrzen-

nego przesyłania impulsów w sieci komórek nerwowych. Staram się pokazać, iż reprezentacja świata w sieci neuronalnej jest konotacyjna (relacyjna), a nie denotacyjna (absolutna), co wywiera przemożny wpływ na istotę obiektów mentalnych i nasze możliwości poznawcze. W końcu proponuję przyjęcie tezy, iż za wyłonienie się świadomości odpowiedzialna jest relacja samostosowalności, leżąca u podstawy wielu słynnych paradoksów logicznych.

Dziękuję Andrzejowi Joachimiakowi za wnikliwe przeczytanie całości manuskryptu i namówienie mnie do poczynienia skrótów, dzięki czemu tekst stał się bardziej klarowny. Wszelkie powtórzenia, które mimo to pozostały, obciążają wyłącznie moje konto. Jestem także wdzięczny Mariuszowi Pappowi za dyskusję dotyczącą układu nagrody. Chciałbym również wyrazić wdzięczność tym wszystkim, którzy stymulowali mnie intelektualnie, wnosząc w ten sposób swój wkład do niniejszej książki.

## OŚ PRZEWODNIA

Przed wyruszeniem w drogę dobrze jest obrać sobie kierunek, w którym zmierzamy. Możemy użyć na przykład kompasu i namierzyć odległe wzgórze, które odtąd będzie stanowiło nasz cel. Jeśli to zrobimy, trudniej będzie nam się potem zgubić, zbaczając na boki lub omijając przeszkody terenu. Jasno określony cel nada sens naszym kolejnym poczynaniom i umotywuje nas do dalszej drogi.

Z tego właśnie powodu chciałbym teraz nakreślić oś przewodnią niniejszej książki, tak aby Czytelnik, zapoznając się z kolejnymi faktami, wywodami i koncepcjami, był wciąż świadom, czemu służy ich przywoływanie, jak je usytuować w całości proponowanej tutaj wizji umysłu, a także jak je przez pryzmat tego kontekstu ująć i zinterpretować. Przede wszystkim sądzę (i staram się to uzasadnić), że psychika oraz (samo)świadomość stanowią w całości pochodną funkcjonowania ludzkiego mózgu. W szczególności wyznają tezę, iż u podstawy poszczególnych rodzajów fenomenów mentalnych – wrażeń, myśli, emocji, wspomnień, pojęć – leżą odpowiednie, nieco odmienne dla każdego fenomenu, czasoprzestrzenne wzorce aktywności sieci komórek nerwowych w mózgu. Moim zdaniem tym, co powoduje poczucie całkowitej odmienności subiektywnej sfery świadomości od zewnętrznego świata materialnego, a więc wyłonienie się psychicznego poziomu rzeczywistości, jest nie tyle stopień, co pewien specyficzny **rodzaj** złożoności funkcjonalnej organi-

zacji przewodzenia sygnałów w sieci neuronalnej. Sądzę, iż owym specyficznym typem złożoności, prowadzącym do powstania samoświadomości (bez której, moim zdaniem, pojęcie świadomości w ogóle nie ma sensu) jest relacja **samo-nakierowania** na siebie ośrodka poznawczo-decyzyjnego w ludzkim mózgu. W konsekwencji uważam, iż cesze **złożoności** (a także fenomenom pokrewnym, np. informacji) należy przyznać status aspektu świata równie obiektywnego jak przestrzeń, czas i materia. Sądzę, iż „subiektywna” sfera psychiczna istnieje w naszym świecie w sposób całkowicie obiektywny, tak jak na przykład zjawisko życia. Aby oba te fenomeny zaistniały, musi powstać odpowiednio zorganizowany SYSTEM. Naszym dalekosiężnym celem jest zatem (samo)świadomość jako wyraz swoistego rodzaju skomplikowania fizycznego świata zewnętrznego. W drogę!

1.

## FUNKCJONOWANIE NEURONU

Jak wspomniałem we Wstępie, reprezentuję opinię, iż subiektywny umysł, psychika i świadomość są pochodną neurofizjologicznej aktywności ludzkiego mózgu. Odrzucam zatem filozoficzny pogląd głoszący o istnieniu ducha czy duszy rozumianych jako całkowicie autonomiczne, odrębne od materii byty, stanowiące o „upsychicznieniu” swego materialnego siedliska (czynię tak między innymi dlatego, że takie podejście całkowicie rozmija się z jakąkolwiek racjonalną metodologią naukową). Wprost przeciwnie, uważam, iż subiektywna sfera ludzkiej świadomości jest fenomenem emergentnym, że wyłania się ona jako wynik pewnego złożonego, swoistego kompleksu procesów neurofizjologicznych. Nie oznacza to jednak konsekwentnego materializmu i redukcjonizmu. Sądzę bowiem, iż dostępny ludzkiemu umysłowi tak zwany świat zewnętrzny (łącznie z materią) kształtowany jest w ogromnym stopniu przez naszą psychikę, oraz że przeprowadzona do samego końca semantyczna analiza pojęcia materii prowadzi nieuchronnie do znaczeniowej pustki. Stanowi to wyraz mojego umiarkowanego sceptycyzmu epistemologicznego, gdyż uważam, iż biologiczna ewolucja ludzkiego mózgu znacznie uwarunkowała i ograniczyła nasze możliwości poznawcze. Dopóki jednak nie wgłębiemy się zbyt w sens i uprawomocnienie „obiektywnego” statusu materii i nie przydadamy jej znamion absolutu, możemy – mieszcząc się w granicach zdrowego rozsądku – twierdzić, iż

tak zwany duch jest pochodną pewnych procesów zachodzących w materialnym świecie zewnętrznym.

Jeśli duch ma się wyłonić jako wynik, czy też może skutek uboczny pewnego swoistego sposobu funkcjonowania materii, to od razu rodzi się pytanie, co stanowi materialne podłoże psychiki, lub, używając terminologii bardziej specjalistycznej, jaki jest fizyczny korelat procesów mentalnych. Wszyscy doskonale wiemy, iż jedynym znanym nam we Wszechświecie siedliskiem (samo)świadomości<sup>2</sup> jest ludzki mózg (być może jej zaczątki są obecne u małp i delfinów). Co zatem w jego strukturze i funkcji czyni go tak wyjątkowym, że tylko on jest zdolny do „wytwarzania” subiektywnych zjawisk psychicznych? Mózg składa się z takich samych cząstek elementarnych, atomów i związków chemicznych, jakie występują także poza nim: w przyrodzie nieożywionej lub, w przypadku złożonych związków organicznych, w organizmach żywych. Specyfiki struktury i funkcji mózgu, odpowiedzialnej za jego psychiczność, musimy więc szukać na jakimś wyższym poziomie organizacji materii. Wspinając się po hierarchicznej drabinie kolejnych stopni złożoności, pierwszym obiektem, jaki napotykamy, swoiście specyficznym dla mózgu, będzie komórka nerwowa (neuron), z jej umiejętnością bardzo szybkiego i ukierunkowanego przesyłania sygnałów informacyjnych na dużą odległość. Funkcjonowanie poszczególnych elementów neuronu potrafimy w zasadzie w sposób zadowalający wyjaśnić na poziomie fizycznym, chemicznym i biochemicznym. Nie ma tu nic, co mogłoby rzucić światło na istotę zjawiska świadomości (choć biochemiczne i biofizyczne aspekty pracy rozmaitych części neuronu są zachwycające w swej celowości i „przemysłowości”). A zatem to co najmniej cały neuron powinien stanowić nasz punkt wyjścia w poszukiwaniu genezy psychiki. Neurony występują oczywiście również w mózgach zwierząt, z których ogromna większość z pewnością nie jest obda-

<sup>2</sup> W niniejszej książce terminów „świadomość” i „samoświadomość” będę używał zamiennie, gdyż, jak to wyjaśnię później, nie uważam za logicznie możliwe istnienie czegoś takiego jak świadomość bez samoświadomości.

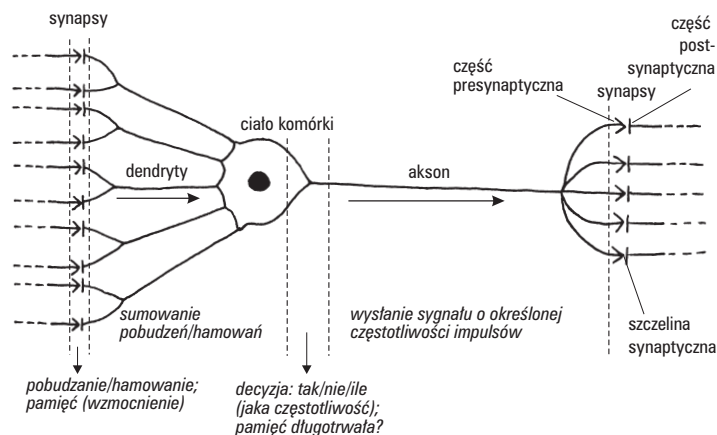
rzona psychiką, a także w prymitywnych sieciach nerwowych robaków, gdzie nawet trudno mówić o mózgu. Fakt ten implikuje, iż sam neuron nie może stać się siedliskiem świadomości, lecz jest nim dopiero w odpowiedni sposób zorganizowana sieć złożona z wielu (bardzo wielu) neuronów. Niemniej, żeby pojąć jej funkcjonowanie, zacząć należy od specyfiki pracy pojedynczych komórek nerwowych. Aby więc w naszej wędrówce dotrzeć w końcu do (samo)świadomości, zacząć musimy od neuronu.

Neuron jest jednym z wielu rodzajów komórek zwierzęcych i jako taki zawiera typowe składniki: jądro, błonę komórkową, cytoplazmę wraz z cytoszkieletem (np. mikrotubule) oraz rozmaite organelle: mitochondria, lizosomy, retikulum endoplazmatyczne i tym podobne. Z drugiej strony, zarówno pod względem budowy, jak i pełnionych przez nie funkcji, neurony zdecydowanie różnią się od innych typów komórek. Neurony w trakcie ewolucji biologicznej wyspecjalizowały się w realizacji jednego głównego zadania: szybkiego przesyłania sygnałów na dużą odległość w sposób ściśle ukierunkowany. Stąd bierze się charakterystyczna cecha ich struktury: z ciała komórki wychodzą bardzo długie, porożgałęziane wypustki (akson i dendryty, które dokładniej omówię poniżej), służące do przewodzenia impulsów elektrycznych. Neurony odbierają impulsy od innych neuronów lub komórek receptorowych (np. komórek światłoczułych w siatkówce oka) i mogą (choć nie muszą) przekazywać impulsy dalej, do innych neuronów lub komórek efektorowych (na przykład komórek mięśniowych). Jednakże komunikacja neuronów z innymi neuronami, komórkami receptorowymi lub komórkami efektorowymi wcale nie jest jedynym znanym rodzajem przesyłania sygnałów o charakterze informacyjnym pomiędzy komórkami w organizmie zwierzęcym. Wprost przeciwnie, znanych jest wiele przypadków przekazywania przez komórki informacji do sąsiednich komórek przez wydzielanie do przestrzeni międzykomórkowej odpowiednich związków chemicznych (jest to tzw. parakryny sposób przekazywania sygnałów pomiędzy komórkami). Ten rodzaj sygnalizacji charakteryzuje się jednak bardzo



krótkim zasięgiem. Bardziej dalekosiężnym sposobem komunikacji (obejmującym całe ciało) jest wydzielanie przez grupę wyspecjalizowanych komórek (gruczoł) odpowiednich substancji sygnalizujących (hormonów) do krwioobiegu (nazywamy to endokrynnym sposobem przekazywania sygnałów). Adresatem tego rodzaju nadawania są potencjalnie wszystkie komórki ciała. Jednakże tylko niektóre z nich, posiadające odpowiednie receptory w błonie komórkowej, reagują na dany hormon, a to, jaką reakcję wywoła jego obecność, zależy od typu komórki. Czas potrzebny do przekazania takiego sygnału (od chwili wydzielenia hormonu do krwi po wywołanie odpowiedniej reakcji w komórce „uczulonej” na dany hormon) jest dosyć długi, albowiem szybkość przekazywania sygnału jest tutaj ograniczona szybkością krążenia krwi. Neurony, tak jak omawiane inne typy komórek, także przekazują pomiędzy sobą sygnały na drodze chemicznej, za pośrednictwem neurotransmiterów wydzielanych do szczeliny synaptycznej; szerzej będzie o tym mowa za chwilę. Jednakże, w przeciwieństwie do komunikacji „sąsiedzkiej” (parakrynnnej) oraz hormonalnej, komórki nerwowe przewodzą impulsy bardzo szybko na dużą odległość do dokładnie określonych komórek docelowych.

Dlaczego specyficzne cechy neuronów oraz zbudowanego z nich układu nerwowego są tak istotne dla powstania psychiki? Komunikacja na drodze nerwowej rozwinęła się w trakcie ewolucji biologicznej z prostej komunikacji chemicznej pomiędzy sąsiadującymi komórkami (wspomnianego przed chwilą parakrynnego przekazywania sygnałów). Drastyczna odmienność neuronalnego przesyłu informacji, stanowiącego w istocie całkowicie nową jakość pozwalającą efektywnie koordynować zachowanie dużych wielokomórkowych organizmów zwierzęcych, bierze się z wysoce wyspecjalizowanej struktury i funkcji neuronu. Neurony, poprzez swoje cechy, umożliwiły zbudowanie z nich wysoce skomplikowanych systemów przetwarzających informację. Elementy takich systemów muszą bardzo szybko przewodzić sygnały na dużą odległość do ściśle określonych odbiorców, tak aby cały system mógł być odpowiednio zintegrowany, do-



Ryc. 1. Ogólny schemat neuronu. Zaznaczone są: ciało komórki, wypustki przewodzące impulsy (dendryty i akson) oraz połączenia synaptyczne pomiędzy neuronami. Opisano także funkcje, jakie poszczególne części neuronu spełniają w przewodzeniu impulsów nerwowych.

kładny i niezawodny oraz pracować w czasie realnym. Uważam, że tylko taki system przetwarzania informacji może potencjalnie stać się „siedliskiem” psychiki. A zatem to właśnie ogromna potencja drzemiąca w komunikacji neuronalnej zaowocowała (w kilkaset milionów lat od wykształcenia się w procesie ewolucji pierwszych zwierząt wielokomórkowych posiadających system nerwowy) pojawieniem się psychiki i samoświadomości. Przyjrzyjmy się wobec tego budowie i funkcjonowaniu typowej komórki nerwowej.

Rycina 1 przedstawia schematyczny wizerunek neuronu. Neuron składa się z mniej lub bardziej sferycznego ciała komórki, zawierającego jądro komórkowe, a także z niezmiernie długich i porożgażnianych wypustek odpowiedzialnych za przewodzenie impulsów elektrycznych, które to wypustki zwane są dendrytami i aksonami. Liczne dendryty doprowadzają impulsy (od innych neuronów lub komórek receptorowych) do ciała komórki, natomiast pojedynczy akson służy do przekazywania ich dalej (do innych neuronów lub komórek efektorowych). Silnie rozgałęziona końcówka akso-

nu poprzedniego neuronu na szlaku przesyłu informacji komunikuje się z równie intensywnie rozgałęzionymi dendrytami następnego neuronu za pośrednictwem synaps (oczywiście każdy neuron odbiera sygnały od licznych neuronów i sam przekazuje je do wielu innych neuronów). Na synapsę składa się bulwkowate zakończenie jednego z rozgałęzień aksonu (część presynaptyczna) oraz bulwkowate zakończenie jednego z odgałęzień jednego z dendrytów (część postsynaptyczna), a także znajdująca się pomiędzy nimi szczelina synaptyczna. Ta ostatnia powoduje, iż część presynaptyczna (aksonalna) i część postsynaptyczna (dendrytyczna) synapsy nie pozostają ze sobą w fizycznym kontakcie, a zatem skazane są na komunikację chemiczną.

Impulsy nerwowe przewodzone są wzdłuż wypustek komórek nerwowych. W przypadku aksonów jest to proces aktywny, zasadzający się w szybko poruszającym się od nasady aksonu do jego zakończeń impulsie mającym postać fali depolaryzacji błony komórkowej (w miejsce spoczynkowego potencjału elektrycznego wytwarzany jest tak zwany potencjał czynnościowy), związany z redystrybucją jonów  $\text{Na}^+$  i  $\text{K}^+$  w poprzek tejże błony. Ilościowa informacja zawarta w sygnałach nerwowych zakodowana jest jako **częstotliwość** następowania po sobie poszczególnych impulsów (może się ona wahać pomiędzy 30 a 1000 impulsów na sekundę), a nie w postaci **intensywności** (wielkości potencjału czynnościowego) tych impulsów, która zawsze jest jednakowa. Przewodzenie impulsów w dendrytach ma charakter bierny i wiąże się z ogólną zmianą potencjału błonowego. Impuls „przeskakuje” z aksonu neuronu poprzedzającego na dendryt następnego neuronu przez szczelinę synaptyczną. W presynaptycznej części synapsy znajdują się pęcherzyki zawierające związek chemiczny zwany neurotransmiterem (neuroprzekaznikiem). Gdy impuls nerwowy osiąga synapsę, zawartość pęcherzyków zostaje uwolniona do szczeliny synaptycznej, a cząsteczki neurotransmitera związane zostają przez odpowiednie receptory białkowe znajdujące się w błonie postsynaptycznej, co powoduje zmianę potencjału w zakończeniu dendrytu dochodzącym do danej synapsy, która to zmiana

rozprzestrzenia się aż do ciała komórki. Ilość neurotransmitera, która pojawia się w szczelinie synaptycznej, jest proporcjonalna do intensywności sygnału (częstotliwości impulsów docierających do części presynaptycznej). Odkryto cały szereg neuroprzekazników, w ich liczbie glutaminian (główny neurotransmitter mózgu), GABA (występuje w synapsach hamujących), acetylocholinę (uczestniczy w tworzeniu śladów pamięciowych oraz wywołuje skurcz mięśnia), noradrenalinę i serotoninę (kontrolujące ogólne pobudzenie i „nastrój” mózgu) oraz dopaminę (zaangażowana w „system nagrody”). Istnieją także nieliczne synapsy elektryczne, niezależne od sygnalizacji chemicznej, które są w stanie bezpośrednio przekazywać impuls elektryczny przez szczelinę synaptyczną.

Dalsze zagłębianie się w techniczne (fizykochemiczne i biochemiczne) szczegóły zarówno aktywnego przewodzenia impulsów wzdłuż aksonu, jak i komunikacji chemicznej zachodzącej w szczelinie synaptycznej nie jest tu konieczne, gdyż – moim zdaniem – nie mają one bezpośredniego związku z genezą świadomości. Dla powstania psychiki istotny jest bowiem ogólny sposób przetwarzania informacji przez neurony, a nie ich konkretny budulec czy też szczegółowe mechanizmy odpowiedzialne za owo przetwarzanie. Uważam, że gdyby zamiast neuronów połączyć ze sobą w identyczny sposób odpowiednią ilość odpowiednich układów elektronicznych (zbudowanych z metali, krzemu itd.), działających pod względem formalnym (informacyjnym, cybernetycznym) tak samo jak neurony, to w układzie takim powstałaby świadomość. (O możliwości „wzbudzenia” subiektywnych stanów mentalnych w urządzeniach elektronicznych powiem więcej w rozdziale 7, poświęconym sztucznej inteligencji).

Dla naszych dalszych rozważań bardzo istotny jest natomiast fakt, iż neurony i ich wypustki nerwowe nie są prostymi kablami przewodzącymi impulsy. Typowy neuron łączy się za pomocą synaps z kilkoma tysiącami innych neuronów. Gdyby każda pobudzona komórka nerwowa pobudzała, dajmy na to, pięć tysięcy innych komórek nerwowych, wszystkie neurony w mózgu bardzo szybko uległyby maksymalne-

mu pobudzeniu poprzez nieustanną wzajemną stymulację, a działalność samego mózgu zostałaby całkowicie sparaliżowana. Oczywiście, nic takiego w rzeczywistości się nie dzieje<sup>3</sup>. Po pierwsze, każda synapsa ma właściwy sobie tzw. **próg pobudzenia**, czyli minimalną intensywność sygnału (częstotliwość impulsów), która powoduje uaktywnienie danej synapsy. Po drugie, oprócz synaps (i neuronów) pobudzających istnieją także synapsy (i neurony) hamujące, które powodują – po przekroczeniu progu pobudzenia – obniżenie potencjału elektrycznego w docelowym neuronie (jego części dendrytycznej i ciele komórki) nawet poniżej wartości początkowej, a zatem wywierają efekt niwelujący działalność synaps pobudzających. W obu przypadkach to wysokość progu pobudliwości danej synapsy określa, w jakim stopniu jest ona czuła na napływające sygnały: im niższy próg, tym większa czułość. Zatem synapsa w pewnym elementarnym sensie decyduje o tym, które impulsy przepuścić, a które zatrzymać. Droga neuronalna, obwód neuronalny lub funkcjonalny „obiekt” w sieci neuronalnej (wszystkie składające się z wielu neuronów) są „udrożnione”, „skanalizowane” (sygnały chętnie płyną daną drogą), jeśli próg pobudzenia znajdujących się w nich synaps pobudzających jest niski, a synaps hamujących – wysoki. Podobnie dzieje się z wodą: chętnie spływa mającymi postać rowków wyżłobieniami w płaskiej, prawie poziomej powierzchni skały i wypełnia powstałe w tej skale zagłębienia, natomiast znacznie mniejsza jej ilość płynie po płaskiej powierzchni „wierzchowiny”.

Nie koniec na tym. Niektóre synapsy potrafią podejmować bardziej skomplikowane decyzje. Są to przede wszystkim synapsy, które posiadają w błonie postsynaptycznej tak zwane kanały NMDA. By i tutaj nie wdawać się w szczegóły techniczne, powiem jedynie, iż taka synapsa jest czuła nie tylko na obecność neurotransmitera w szczelinie synaptycznej, ale także na wysokość potencjału elektrycz-

<sup>3</sup> Czasami na pewną skalę ma to miejsce podczas ataku epileptycznego.

nego w zakończeniu dendrytycznym (a więc także w części postsynaptycznej tej synapsy). Jeśli ów potencjał jest podniesiony w wyniku „przepuszczenia” sygnału przez sąsiednią synapsę (lub synapsy), to rozważana synapsa może być uaktywniona przez znacznie mniej intensywny sygnał (znacznie mniejsze stężenie neurotransmitera) niż w przypadku spoczynkowej wartości potencjału (a więc przy podwyższonym potencjale zostaje obniżony jej próg pobudzenia). Innymi słowy, nasza synapsa zostanie uaktywniona (przekaze sygnał dalej) tylko wtedy, gdy sama otrzyma pewną ilość neurotransmitera oraz gdy jednocześnie zostanie uaktywniona przynajmniej jedna z jej sąsiadek. Jest to więc typowy przypadek logicznej operacji koniunkcji: jeśli A i B, to C, gdzie A oznacza obecność neuroprzekaźnika, B – podwyższoną wartość potencjału (na skutek uaktywnienia sąsiedniej synapsy), a C – uaktywnienie danej synapsy. Potencjał elektryczny może z kolei zostać obniżony przez sąsiadujące synapsy hamujące (wpuszczenie jonów Cl<sup>-</sup> do wnętrza neuronu), co inaktywuje synapsę zawierającą kanały NMDA. Jak widzimy, już na etapie synaps podejmowane są całkiem skomplikowane decyzje dotyczące przepuszczania (lub nie) docierających do nich sygnałów neuronalnych.

Znacznie bardziej złożone decyzje zapadają w ciele komórki nerwowej, a właściwie na tym jej małym obszarze, gdzie opuszcza ją akson. W miarę jak dystalne rozgałęzienia dendrytów zbiegają się, dążąc do ciała komórki, następuje sumowanie się siły pobudzeń (i zahamowań), jakich doznały poszczególne synapsy znajdujące się na tych dendrytach (część połączeń synaptycznych znajduje się wprost na ciele komórki). Finalne podsumowanie dokonuje się właśnie u nasady aksonu (po prostu ustala się tu jakaś wartość potencjału elektrycznego, stanowiąca wypadkową wartości potencjałów ze wszystkich zakończeń postsynaptycznych danego neuronu). W zależności od wyniku neuron decyduje o tym, czy impulsy mają zostać wysłane przez akson, czy też nie, a jeśli tak, to z jaką częstotliwością. Wygenerowany sygnał dociera do wszystkich aksonalnych zakończeń synaptycznych danej komórki nerwowej i z kolei następne neuro-

ny zastanawiają się, co z nim (oraz z sygnałami docierającymi od innych neuronów) począć.

Neurony mogą nie tylko przetwarzać (w skomplikowany sposób) docierającą do nich informację. Mogą też modyfikować postać realizowanej przez siebie złożonej „funkcji logicznej” na podstawie przeszłych doświadczeń (pobudzeń), a to poprzez zmianę „wagi” połączeń synaptycznych, odwrotnie proporcjonalnej do progu pobudliwości. Raz uaktywniona synapsa jest przez jakiś czas bardziej wrażliwa na sygnały (obniża się jej próg pobudliwości). Normalnie taki wzrost wagi połączenia synaptycznego po pewnym czasie zanika, a próg pobudliwości wraca do swej początkowej wartości (odpowiada to pamięci krótkotrwałej). Inaczej sprawy się mają w przypadku tzw. długotrwałego wzmocnienia synaptycznego. Zachodzi ono przede wszystkim w znanych już nam synapsach zawierających kanały NMDA. Uaktywnienie takiej synapsy powoduje wpuszczenie jonów  $Ca^{2+}$  do zakończenia postsynaptycznego, co z kolei uruchamia kaskadę procesów biochemicznych prowadzących do trwałego wzrostu wagi danego połączenia synaptycznego. Stanowi to jeden z podstawowych mechanizmów pamięci długotrwałej i uczenia się. Innym przykładem modyfikacji funkcji neuronu może być tworzenie nowych połączeń synaptycznych lub też eliminacja połączeń już istniejących. Przypuszcza się, iż także ciało komórki nerwowej może uczestniczyć w formowaniu zapisów pamięciowych, na przykład poprzez regulację na poziomie genetycznym prowadzącą do zmiany wrażliwości nasady aksonu na wzrost potencjału lub do produkcji makromolekuł będących nośnikami przynajmniej części zapisów pamięciowych.

Podsumujmy dotychczasowe rozważania. Ogólne cechy neuronu, odróżniające go od innych komórek zwierzęcych, to w pierwszym rzędzie możliwość przesyłania sygnałów niosących biologicznie istotną informację:

a. Na wielką odległość. Umożliwia to kształt neuronu, a zwłaszcza długość jego wypustek: dendrytów i (w szczególności) aksonu. Dzięki temu na przykład różne regiony mózgu mogą się łatwo ze sobą komunikować.

b. Bardzo szybko. Umożliwia to szczególna budowa neuronu, na przykład izolująca elektrycznie osłonka mielinowa aksonu. Dzięki temu mózg może przetwarzać ogromną ilość informacji i w „czasie realnym” reagować na rozmaite zdarzenia w świecie zewnętrznym; może też zdarzenia te modelować.

c. Do ściśle określonych odbiorców. Poszczególne odgałęzienia aksonu łączą się (poprzez synapsy) z dendrytami (ewentualnie ciałami komórek) tych, a nie innych neuronów docelowych. Umożliwia to stworzenie niezwykle złożonej sieci informacyjnej realizującej bardzo skomplikowane, biologicznie celowe zadania. Jak wspomniałem, przeciętny neuron komunikuje się z kilkoma tysiącami innych neuronów. Ponieważ mózg ludzki zawiera około stu miliardów neuronów, liczba możliwych kombinacji połączeń pomiędzy nimi przekracza o wiele rzędów wielkości liczbę atomów w obserwowalnym Wszechświecie.

Ponadto neuron w żadnym razie nie jest tylko prostym kablem przesyłowym. Zarówno w synapsach, jak i w ciele komórki nerwowej podejmowane są (o czym mówiłem wyżej) decyzje dotyczące wygenerowania sygnału w odpowiedzi na doznane pobudzenie, a także intensywności tego sygnału (częstotliwości impulsów). „Kryteria decyzyjne” (czyli próg pobudliwości lub waga połączeń) nie są przy tym ściśle ustalone, mogą ulegać modyfikacji pod wpływem wcześniejszych doświadczeń (pobudzeń danej synapsy), a także (czy raczej: w szczególności) koincydencji w czasie pobudzeń kilku sąsiednich synaps. Stanowi to podstawę uczenia się i pamięci. Neurony są więc w istocie układami przetwarzającymi informację, wykonującymi skomplikowane operacje logiczne. Nie jest to jednak logika dyskretna (a już zwłaszcza zerojedynekowa), operująca na idealnie ostro wyodrębnionych i zdefiniowanych symbolach oraz regułach określających zależności pomiędzy nimi, na jakiej oparte są współczesne komputery. Wprost przeciwnie, neurony charakteryzują się analogowym, ciągłym przetwarzaniem informacji. W końcu siła sygnału (częstotliwość impulsów) zmienia się w sposób ciągły, a dotyczy to również sumowania się (u nasady aksonu) potencjałów pochodzą-

cych z rozmaitych dendrytów i usadowionych na nich synaps. Można by powiedzieć, że logika neuronów jest w dużym stopniu nieściśła, przybliżona, że operuje ona na zbiorach (i symbolach) rozmytych. Jako taka, bardzo miernie nadaje się do szybkich i idealnie dokładnych obliczeń matematycznych, jakie są domeną komputerów. A jednak, moim zdaniem, ta właśnie cecha jest warunkiem absolutnie koniecznym do wykształcenia się psychiki i świadomości w ludzkim mózgu (lub innym odpowiednio zbudowanym i funkcjonującym obiekcie). Bez niej bowiem nie miałyby szans powstać relacyjnie zorganizowana, znacząca przez konotację sieć pojęciowa stanowiąca, jak to proponuję w rozdziale 5, substancję naszej psychiki.

## BUDOWA I FUNKCJA MÓZGU

**Z** neuronów zbudowany jest cały układ nerwowy, w tym będący nośnikiem świadomości ludzki mózg<sup>4</sup>. Czymże jest układ nerwowy? Głównym „sensem” jego istnienia są wejścia i wyjścia, czyli receptory i efektory, pierwotną funkcję biologiczną sieci neuronalnych stanowi bowiem odebranie bodźca (reprezentującego jakąś cechę świata zewnętrznego lub zdarzenie, do jakiego dochodzi w tym świecie) i „przerobienie” go na zachowanie się organizmu (adekwatną reakcję na ten bodziec). Ta elementarna rola układu nerwowego wyraża się w najprostszej formie u pewnych ukwiałów, wyposażonych w jedną tylko komórkę nerwową (ewentualnie neuropodobną). Komórka ta odbiera sygnał od receptora wrażliwego na podrażnienie mechaniczne i, jeśli sygnał ten jest wystarczająco silny (nadprogowy), pobudza komórki mięśniowe (nabłonkowomięśniowe) leżące wzdłuż ciała ukwiała. W wyniku tego ukwiał po prostu się kurczy, co może mu zapewnić ochronę przed drapieżnikiem.

Działanie ludzkiego mózgu stanowi w zasadzie jedynie pewnego rodzaju naddatek ponad proste wykonywanie powyższej funkcji. Podczas równoległej ewolucji systemu receptorów, efektorów i samego, sprzęgającego te systemy, układu nerwowego doszło oczywiście do ogromnej kompli-

---

<sup>4</sup> Pomijam tu rozmaite komórki pełniące funkcje pomocnicze, np. komórki glejowe.



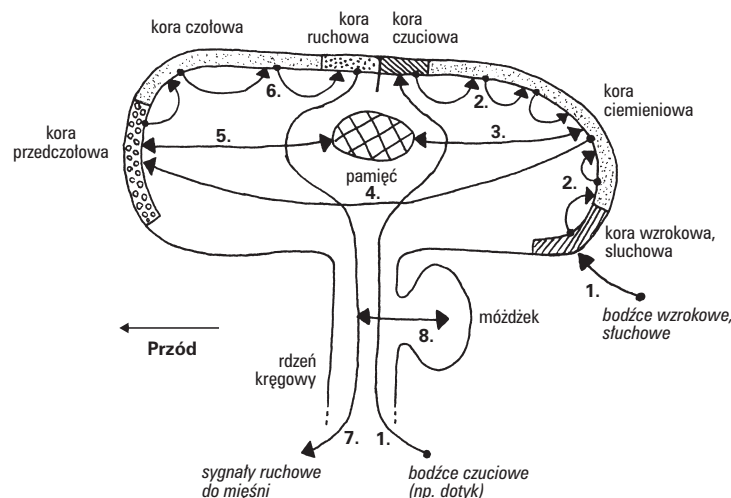
kacji i upośrednienia całej operacji przekładania otrzymywanych bodźców na odpowiednie zachowania (następowało coraz lepsze odwzorowanie świata zewnętrznego w sieci połączeń komórek nerwowych). Nie da się jednak zrozumieć podstawowych zasad funkcjonowania mózgu, przede wszystkim w jego aspekcie poznawczym (który, moim zdaniem, najściślej wiąże się z genezą świadomości), bez uświadomienia sobie tej biologicznie najpierwszej funkcji układu nerwowego u organizmów żywych.

Zanim przejdę do rozważań nad budową i funkcjonowaniem ludzkiego mózgu, chciałbym poczynić pewne zastrzeżenie. W niniejszej książce koncentruję się na takich zagadnieniach, jak funkcje poznawcze mózgu, tworzenie w jego obrębie pewnego odwzorowania czy modelu świata zewnętrznego, działanie „pamięci operacyjnej”, podejmowanie decyzji oraz uruchamianie efektorów (głównie mięśni) i koordynacja ich działalności. Krótko mówiąc, staram się opisać, jakim usprawnieniem (i upośrednieniem) w trakcie ewolucji biologicznej prowadzącej od pojedynczego neuronu ukwiała do ludzkiego mózgu uległa opisana wyżej funkcja przekładania bodźców ze środowiska na zachowanie zwierzęcia, a także w jaki sposób doszło w trakcie tych przemian do pojawienia się na scenie (w istocie: do wejścia kuchennymi drzwiami) (samo)świadomości stanowiącej, moim zdaniem, jedynie uboczny produkt doskonalenia się poznawczych funkcji mózgu, obsługujących prosty układ: bodziec → przetworzenie → reakcja. Powiem także trochę o neurofizjologicznych podstawach emocji, bo one również zajmują ważne miejsce w naszej świadomości. Pominę jednak wiele innych funkcji mózgu, bardzo istotnych dla przeżycia, lecz nie związanych bezpośrednio z genezą świadomości, takich jak na przykład sterowanie odczuciem głodu/sytości przez zmianę poziomu glukozy we krwi lub regulacja aktywności okołodobowej (cykl snu i czuwania). Zainteresowanych tymi zagadnieniami Czytelników odsyłam do bogatej literatury popularnonaukowej lub fachowej.

Z tego samego powodu pominę anatomiczne szczegóły budowy mózgu stanowiące pochodną tyleż jego funkcji, co bio-

logicznej historii. Struktura mózgu to w dużej mierze wynik ewolucyjnych zaszłości, które doprowadziły do fantastycznego wręcz stopnia skomplikowania rozmaitych struktur, przypominających nagromadzenie warstw i form geologicznych zniekształconych niejednokrotnie w wyniku ruchów tektonicznych skorupy ziemskiej. Zarówno widziany z zewnątrz, jak i prezentowany w przekroju mózg wydaje się beznadziejnie pogmatwany, złożony z rozmaitych esów-floresów, wypełniony (wystarczy rzut oka na jakikolwiek atlas anatomiczny) ogromną ilością różnych struktur i ośrodków. Nazwy rozmaitych fragmentów mózgu także zaświadcza, swym przepychem i różnorodnością, o złożoności jego anatomii, lecz również o naszym zagubieniu w całym tym bogactwie form. Wystarczy wymienić takie terminy, jak zakręt obręczy, twór siatkowaty, miejsce sinawe, wzgórze i podwzgórze, jądro ogoniaste, gałka błada, ciało kolankowate przyśrodkowe, bruzda Rolanda lub ciało suteczkowate. Postaram się jednak udowodnić, że w całym tym szaleństwie jest metoda, wyławiając najbardziej ogólne zasady funkcjonowania mózgu (przede wszystkim: w aspekcie poznawczym) i pokazując, iż można je w miarę klarownie wyjaśnić bez odwoływania się do całej tej menażerii struktur mózgowych – wystarczy nam do tego kilka najistotniejszych terminów anatomicznych. Będzie to wymagało abstrahowania od wielu, skądinąd istotnych, szczegółów budowy i funkcji mózgu oraz skoncentrowania się na najważniejszych aspektach jego działalności. Dzięki temu poszczególne drzewa nie przesłonią nam obrazu całego lasu.

Powróćmy jednak do przerwanych na chwilę rozważań dotyczących przepływu informacji na drodze: receptory – układ nerwowy (obróbka informacji) – efekторы. Spróbuję teraz przedstawić ogólny schemat mózgu pod tym właśnie kątem, a jednocześnie pokazać, czym w istocie różni się środkowy człon tego systemu w przypadku mózgu z jednej strony i pojedynczej komórki nerwowej ukwiała z drugiej. Rycina 2 prezentuje bardzo uproszczony zespół elementów składających się na sensoryczno-poznawczo-decyzyjno-wykonawczy (a więc zdecydowanie najważniejszy, szczególnie



Ryc. 2. Ogólny schemat budowy mózgu człowieka, zredukowany do najważniejszych elementów. Nacisk położono na układ zbierający informację z otoczenia, tworzący operacyjny model świata zewnętrznego oraz podejmujący decyzję co do właściwych reakcji na bodźce i uruchamiający w tym celu odpowiednie grupy mięśni. 1. bodźce od receptorów; 2. hierarchicznie (wieloetapowo) zorganizowana integracja wrażeń zmysłowych; 3. konfrontacja wrażeń zmysłowych z istniejącymi zapisami pamięciowymi oraz formowanie nowych zapisów pamięciowych; 4. „magistrala” sensoryczno-motoryczna, dostarczająca zintegrowane wrażenia zmysłowe do ośrodków decyzyjnych; 5. konfrontacja pamięci operacyjnej (ośrodka decyzyjnego) z istniejącymi zapisami pamięciowymi oraz tworzenie nowych zapisów pamięciowych; 6. rozpisywanie ogólnych decyzji na szczegółowe dyrektywy dla poszczególnych efektorów; 7. sygnały aktywujące konkretne efekторы; 8. koordynacja i zwrotna kontrola ruchów.

w kontekście psychiki i świadomości) „podzespół” w ludzkim mózgu. Pierwsze, co rzuca się w oczy, to pewna symetria między częścią czuciową (sensoryczno-poznawczą), ułożoną w tyle mózgu, a częścią ruchową (decyzyjno-wykonawczą), ułożoną z przodu. Sygnały płynące od narządów zmysłów (oznaczone jako 1. na ryc. 2) wysyłane są do kory sensorycznej. Od receptorów dotyku, temperatury, bólu i tym podobnych, rozmieszczonych na powierzchni całego ciała, impulsy docierają do mózgu poprzez rdzeń kręgowy, a w samym mózgu połączenia nerwowe prowadzą

najpierw do kory czuciowej, znajdującej się tuż za bruzdą Rolanda, oddzielającej przednią (motoryczną) część kory mózgowej od tylnej (sensorycznej) części kory mózgowej. Z kolei połączenia nerwowe od oczu i uszu prowadzą do, odpowiednio, kory wzrokowej, znajdującej się w płacie potylicznej kory mózgowej, i kory słuchowej, ułożonej w płacie skroniowym (ponieważ ryc. 2 prezentuje schemat mózgu w przekroju, którego płaszczyzna nie przebiega przez płat skroniowy, korę słuchową przesunięto arbitralnie w tył i dołączono do kory wzrokowej). Już w obrębie samego receptora (na przykład w siatkówce oka) informacja odebrana przez ten receptor może ulec pewnej obróbce, czyli integracji – wyekstrahowane, „wyłuskane” z niej zostają pewne cechy, kategorie (na przykład plamki, barwy), stanowiące później „zawartość”, „substancję” wrażeń zmysłowych. Jednakże zasadnicza część procesu integracji sygnałów odbywa się w korze mózgowej. To tutaj zostają określone bardziej złożone i ogólne cechy i własności, tutaj ulegają one „zorganizowaniu” w skomplikowane obiekty i zależności, tutaj wreszcie odbywa się rozpoznawanie rozmaitych przedmiotów, osób, zdarzeń i znaczeń (na przykład wypowiedzi językowych). Co ciekawe, im dalej od kory sensorycznej (wzrokowej, słuchowej czy czuciowej), a im głębiej w obszar leżącej pomiędzy nimi kory ciemieniowej i skroniowej, tym bardziej złożone i ogólne cechy, obiekty i zależności pojawiają się w wyniku postępującej integracji danych zmysłowych. Innymi słowy, w obrębie kory sensorycznej (zajmującej tylną część kory mózgowej) da się wysledzić gradienty wzrostu w hierarchii ogólności i złożoności zespołu cech, jakie zostają wyekstrahowane z otrzymanych danych zmysłowych (na ryc. 2 pokazuje to szereg strzałek oznaczonych numerem 2). Na każdym etapie (poziomie hierarchii) obróbki danych zmysłowych następuje interakcja z zapisami pamięciowymi w mózgu (są one przedstawione na ryc. 2 jako mała plamka, ale w rzeczywistości pamięć, w rozmaitych swych przejawach, jest rozproszona na obszarze praktycznie całej kory mózgowej). Interakcja ta jest obustronna. Z jednej strony, sygnały odebrane od

receptorów mogą zostać zapamiętane (na różnym etapie integracji), czyli mogą zmodyfikować istniejące zapisy pamięciowe. Z drugiej strony, bodźce zmysłowe są interpretowane, scalane i rozumiane właśnie poprzez odwołanie do już istniejącej pamięci. Wyróżniamy kilka rodzajów pamięci, np. pamięć semantyczną (znaczeniową), pozwalającą określić (rozumieć) „co jest co”, a także zawierającą ogólne reguły i kategorie; pamięć epizodyczną – o poszczególnych konkretnych obiektach i zdarzeniach; pamięć proceduralną, odpowiedzialną za wyuczone czynności, na przykład jazdę na rowerze. Pomiędzy różnymi rodzajami pamięci nie istnieje prawdopodobnie jakaś absolutna granica. O ile struktura mózgowa zwana hipokampem zdaje się odgrywać istotną rolę w tworzeniu przynajmniej niektórych rodzajów zapisów pamięciowych, to same zapisy są najprawdopodobniej rozrzucone po rozległych obszarach kory mózgowej. Konfrontacja integrowanych danych zmysłowych z zapisami pamięciowymi została oznaczona numerem 3 na ryc. 2.

Proces integracji sygnałów napływających od receptorów ma oczywiście swój kres. W końcu informacje pochodzące od różnych narządów zmysłów muszą zostać ze sobą jakoś połączone (np. wrażenie morza to nie tylko widok bezkresnych połączeń wody, ale także szum fal, odczucie na skórze rzeźkiej bryzy, charakterystyczny zapach itp.), a proces integracji musi osiągnąć najwyższy poziom hierarchii, na którym obecne są już w pełni ukształtowane obiekty i procesy w sieci nerwowej odpowiadające wrażeniom. Do tej końcowej integracji dochodzi gdzieś w środkowych obszarach płata ciemieniowego i skroniowego. Co dalej? Z tej części kory sensorycznej wielka magistrała połączeń nerwowych (aksonów), oznaczona numerem 4 na ryc. 2, prowadzi do przedniej, decyzyjno-motorycznej części kory mózgowej, a konkretnie do kory przedczołowej, stanowiącej ośrodek decyzyjny mózgu. Przyпуска się, iż tu właśnie zlokalizowana jest tak zwana „pamięć operacyjna” (w analogii do pamięci operacyjnej komputera), która na bieżąco analizuje zintegrowane dane zmysłowe napływające wspomnianą magistrałą i na ich pod-

stawie podejmuje decyzje co do ewentualnych bieżących działań. Tu także ma miejsce kojarzenie (stąd inna nazwa: kora skojarzeniowa) rozmaitych obiektów i zdarzeń, porównywanie ich z zapisami pamięciowymi, uogólnianie, grupowanie w kategorie i reguły rządzące przebiegiem zjawisk. Tu w końcu odbywa się przewidywanie, dalekosiężne planowanie oraz autonomiczna aktywność mająca za zadanie analizę oraz obróbkę świeżo uzyskanych oraz wcześniej zgromadzonych informacji, czyli to, co z grubsza należałoby nazwać procesem myślenia. Pamięć operacyjna jest ściśle związana z tzw. pamięcią krótkotrwałą, której zawartość, a przynajmniej jej część, może stać się u człowieka treścią świadomości (będzie o tym mowa później). Niektóre elementy pamięci krótkotrwałej zostają utrwalone w pamięci długotrwałej. Gdy zostanie już podjęta decyzja („uchwała” rozmaitych, często konkurujących ze sobą grup neuronów) o jakimś działaniu (np. pościgu za ofiarą), musi ona jeszcze zostać wprowadzona w życie, ubrana w odpowiednie „akty wykonawcze”, czyli instrukcje określające, które efekторы (przede wszystkim mięśnie) muszą zostać uaktywnione i w jakiej sekwencji czasowej. Tutaj także przetwarzanie informacji ma charakter hierarchiczny i zachodzi etapami: ogólne dyrektywy zostają stopniowo „rozpisane” na coraz to bardziej szczegółowe instrukcje dotyczące skurczu różnych grup mięśni, a wreszcie poszczególnych włókien mięśniowych. Dzieje się to w korze czołowej, leżącej za korą przedczołową, a potem w korze ruchowej, która graniczy z omówioną wcześniej korą czuciową, odgradzoną od niej bruzdą Rolanda. Proces rozpisywania decyzji o ruchu na przestrzenno-czasowy wzorzec stymulacji pojedynczych mięśni oznaczony jest na ryc. 2 cyfrą 6. Trzeba zauważyć, iż gradient ogólności jest tu skierowany przeciwnie niż w przypadku integracji danych zmysłowych: następuje przejście od ogólnych i złożonych do bardziej szczegółowych i elementarnych procesów dynamicznych w sieci neuronalnej. Zarówno myślenie, podejmowanie decyzji, jak i rozpisywanie ich na pobudzenia poszczególnych efektorów na różnych poziomach hierarchii uwikłane jest w już istniejące zapisy pamięciowe i może uczestniczyć w tworzeniu no-



wych zapisów (tak, jak to miało miejsce w przypadku integracji danych zmysłowych). Proces ten oznaczono cyfrą 5 na ryc. 2.

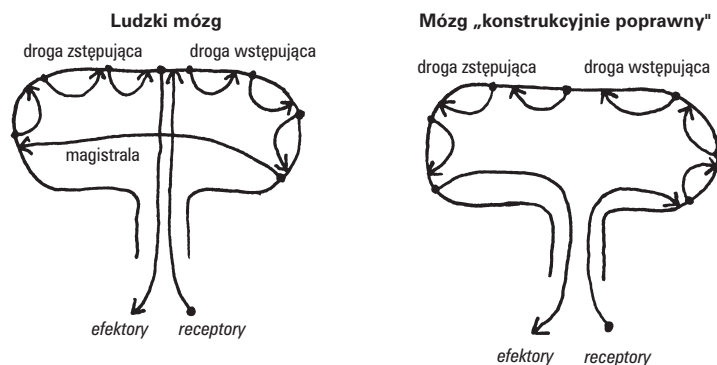
Na koniec z kory ruchowej wychodzą sygnały o pobudzeniu poszczególnych mięśni. Połączenia nerwowe wiodące do mięśni opuszczają mózg przez rdzeń kręgowy (cyfra 7 na ryc. 2) i rozbiegają się po całym ciele. W koordynacji skurczów poszczególnych mięśni, a także w zwrotnej kontroli stopnia napięcia mięśni uczestniczy mózdzek (8), stanowiący siedlisko złożonych czynności wyuczonych (np. prowadzenie samochodu).

I to w zasadzie wszystko, jeśli chodzi o najbardziej ogólny opis działania mózgu ludzkiego w aspekcie poznawczo-decyzyjnym. Zanim przejdę do nieco bardziej szczegółowej analizy poszczególnych etapów przedstawionego wyżej procesu, chciałbym dodać parę słów podsumowania. Jak już wspominałem, i jak to widać na rycinie 2, mózg (kora mózgowa) charakteryzuje się całkiem wyraźną symetrią (zarówno anatomiczną, jak i funkcjonalną) między częściami sensoryczną i motoryczną. Podczas gdy część sensoryczno-poznawcza reprezentuje drogę „wstępującą” dla sygnałów neuronalnych (na tej właśnie drodze następuje stopniowa generalizacja i wzrost złożoności kolejnych „obiektów neuronalnych” oraz odpowiadających im „obiektów mentalnych”: wrażeń i pojęć, w jakie integrowane są jednostkowe sygnały napływające od receptorów), część motoryczno-decyzyjna stanowi drogę „zstępującą” (abstrakcyjne i ogólne procesy myślowe prowadzą do podjęcia jednoznacznych decyzji dotyczących zachowania się organizmu, które następnie są jeszcze dalej konkretyzowane, uszczegóławiane i rozpisywane na stymulacje poszczególnych mięśni, tak jak brzmienie całej symfonii zostaje w partyturze rozpisane na głosy poszczególnych instrumentów muzycznych). Na każdym etapie integracji i rozpisywania bardzo istotną rolę odgrywa pamięć: podczas zachodzenia tych procesów formowane są nowe zapisy pamięciowe i odwrotnie: już istniejące zapisy w znacznym stopniu kształtują procesy integracji i rozpisywania. Pamięć obejmuje rozmaite etapy scalania/rozpisywania:

pamiętane są zarówno proste, jak i złożone cechy, obiekty, zdarzenia, decyzje i umiejętności ruchowe.

Warto jeszcze dodać, że te części kory mózgowej, w których zachodzą procesy (zarówno integracji, jak i rozpisywania) na niskim stopniu hierarchii złożoności, a więc kora sensoryczna (czuciowa, słuchowa, „niższe” obszary kory wzrokowej) w części sensoryczno-poznawczej (tylnej) oraz kora ruchowa w części motoryczno-decyzyjnej (przedniej), są względnie stare pod względem ewolucyjnym. Te zaś obszary kory, które stanowią siedlisko procesów o najwyższym stopniu ogólności i komplikacji, a więc część kory ciemieniowej i skroniowej, gdzie dokonują się finalne etapy integracji danych zmysłowych, oraz kora przedczołowa – „nośnik” pamięci operacyjnej i procesów myślowych (a zarazem ośrodek decyzyjny), stanowią najnowszy nabytek ewolucyjny. One też, a zwłaszcza kora przedczołowa, są u człowieka (w porównaniu z innymi zwierzętami, włączając małpy człekokształtne i pozostałe naczelne) najbardziej rozwinięte.

Magistrala sensoryczno-motoryczna przesyła wysoce zintegrowane „obrazy sensoryczne” z kory ciemieniowej i skroniowej do kory przedczołowej, gdzie dostają się one do bieżącej pamięci operacyjnej, modyfikując w odpowiedni sposób częściowo autonomiczne procesy myślenia, planowania i podejmowania decyzji. Mówiąc w pewnym uproszczeniu, w korze ciemieniowej/skroniowej zlokalizowany jest obraz świata zewnętrznego, zarówno ten odbierany na bieżąco (odpowiednio zintegrowane wrażenia), jak i ten utrwalony w zapisach pamięciowych, natomiast w korze przedczołowej zachodzą procesy (np. myślenie, kojarzenie, planowanie, poczucie własnego „ja”), które uważamy za wewnętrzne fenomeny naszej psychiki; wspomniana magistrala stanowi zaś łącznik między tymi dwoma głównymi funkcjonalnymi podzespołami kory mózgowej. Ponieważ, zapewne na skutek przypadkowych zaszczości ewolucyjnych, obraz świata zewnętrznego został w naszym mózgu oddzielony przestrzennie od „centrum operacyjnego” psychiki, magistrala sensoryczno-motoryczna ma za zadanie zniwelować tę konstrukcyjną niedoskonałość. Moż-

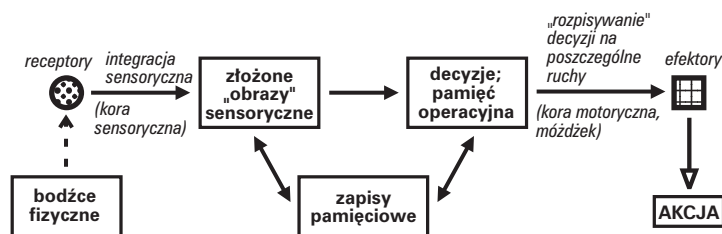


Ryc. 3. Wstępująca i zstępująca droga przetwarzania informacji w ludzkim mózgu oraz mózgu „poprawnym konstrukcyjnie”. Proszę zwrócić uwagę, iż optymalnie (ekonomicznie) skonstruowany mózg nie wymagałby magistrali sensoryczno-motorycznej.

na jednakże podejrzawać, iż zadanie to nie jest w pełni wykonalne i że komunikacja między częściami sensoryczno-poznawczą i motoryczno-decyzyjną mózgu przebiega gorzej (choćby ze względu na straty czasowe przy przesyłaniu sygnałów na odległość ponad 10 cm pomiędzy tylną a przednią częścią mózgu), niż miałyby to miejsce w przypadku bezpośredniego kontaktu obu części. Aż ciśnie się na myśl możliwość (którą rozważać będziemy szerzej w rozdziale 8), że ten „technologiczny feler” wywiera przemożny wpływ na nasze widzenie świata, w tym na filozofię: być może właśnie on jest odpowiedzialny za tak drastycznie ostry w naszym umyśle rozdział pomiędzy duchem (subiektywnym umysłem, psychiką) a materią (światem zewnętrznym, obiektywną rzeczywistością). Generalnie rzecz biorąc, uważam (co także szerzej omówię), że ogromna większość naszej filozofii, a w szczególności ontologii i epistemologii, wpływa w prostej drodze z (często akcydentalnie ukształtowanych przez ewolucję) przypadłości naszej ludzkiej neurofizjologii.

Czy nasz mózg mógłby być skonstruowany lepiej? Moim zdaniem, oczywiście tak! Proszę spojrzeć na rycinę 3, gdzie bardzo ogólny schemat budowy i funkcji ludzkiego mózgu (przedstawiony w konwencji nawiązującej do ryc. 2) jest

porównany z wymagowanym mózgiem „poprawnym konstrukcyjnie”. W ludzkim mózgu graniczą ze sobą części „niskiego rzędu” drogi wstępującej i zstępującej, natomiast ośrodki „wysokiego poziomu” są od siebie przestrzennie oddalone, co stwarza konieczność istnienia łączącej je magistrali. Natomiast w mózgu „poprawnym konstrukcyjnie” ośrodki wysokiego rzędu drogi wstępującej sąsiadują bezpośrednio z ośrodkami wysokiego rzędu drogi zstępującej, czyniąc obecność magistrali zupełnie bezprzedmiotową. Oczywiście, to drugie rozwiązanie jest znacznie lepsze pod względem konstrukcyjnym. Nie tylko nie marnuje się tam budulca (bardzo długich aksonów) na niepotrzebną magistralę (proszę zwrócić uwagę, iż całkowita długość połączeń nerwowych w ludzkim mózgu znacznie przekracza ich długość w mózgu „poprawnym konstrukcyjnie”, ryc. 3), ale też znacznie ogranicza się czas przewodzenia impulsów w tę i z powrotem z części sensorycznej do części motorycznej kory mózgowej. Niedoskonałość konstrukcyjna ludzkiego mózgu wynika oczywiście z kumulatywnego charakteru ewolucji biologicznej. Przez przypadek embriogeneza mózgu została tak ukształtowana w przeszłości, iż coraz to wyższe partie zarówno kory sensorycznej, jak i motorycznej były w procesie ewolucji dobudowywane na zewnątrz starszych ewolucyjnie części niższych, a nie wbudowywane do wewnątrz, **między** partie kory już istniejące. Jesteśmy tak bardzo przyzwyczajeni do mniemania, że mózg ludzki stanowi najwyższy i najbardziej skomplikowany ze znanych nam wytworów natury (co zresztą jest prawdą), iż zapominamy, że pod pewnymi względami stanowi on po prostu konstrukcyjny bubel. (Z drugiej jednak strony warto zadać pytanie, czy w przypadku całkowitej „optymalności” konstrukcyjnej w ogóle powstałaby nasza psychika i poczucie własnego „ja”? Czy mielibyśmy wtedy jakąkolwiek filozofię, religię, sztukę?). Podobnie ma się sprawa z siatkówką (światłoczułą częścią oka) człowieka (i innych kręgowców) – notabene także, formalnie rzecz biorąc, częścią mózgu, wydelegowaną podczas embriogenezy do specjalnych poruczeń: rejestracji bodźców wzrokowych. Otóż siatkówka kręgowców



Ryc. 4. Ogólny schemat przepływu informacji przez ludzki mózg, z zaznaczeniem integracji bodźców zmysłowych, rozpisywania decyzji na ruchy mięśni oraz uczestniczących zwrotnie w obu tych procesach zapisów pamięciowych.

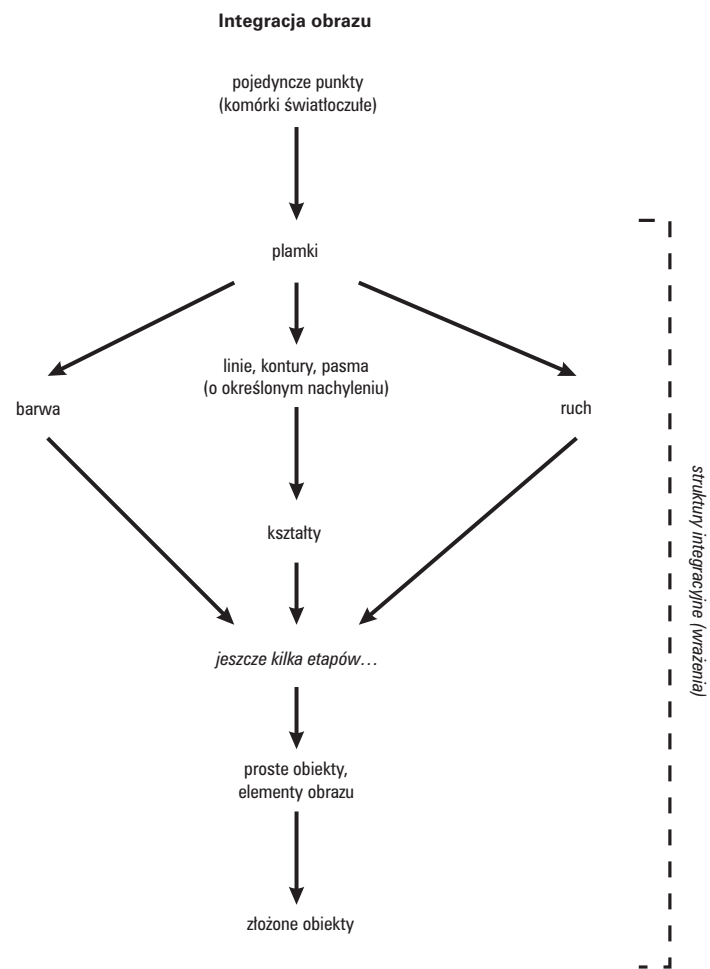
również stanowi przykład ewidentnie wadliwego rozwiązania konstrukcyjnego. Połączenia nerwowe odchodzą od komórek światłoczułych, pręcików i czopków w kierunku wnętrza gałki ocznej, stając tym samym na drodze promieni świetlnych, a w miejscu, w którym skupiają się one w nerw wzrokowy przebijający siatkówkę, by pobiec do mózgu, znajduje się tak zwana ślepa plamka (doskonale znana psychologom) – kompletnie niewykorzystany fragment siatkówki. Do tego, aby dowieść, że sprawę można by w tym przypadku rozwiązać lepiej, nie są potrzebne żadne wyimaginowane przykłady – zrobiły to bowiem głowonogi (na przykład ośmiornica), których oko jest zbudowane bardzo podobnie do oka kręgowców, ale u których połączenia nerwowe odchodzą od komórek światłoczułych w kierunku obrzeża gałki ocznej. Dlatego, o ile możemy uznać człowieka za najwyżej rozwinięty gatunek biologiczny, to z pewnością nie stanowi on najlepszego rozwiązania **pod każdym względem**.

Na koniec tego (najeżonego już rozlicznymi dygresjami) podsumowania należy jeszcze wyraźnie podkreślić, iż w mózgu nie ma żadnego „supermózgu”, „jądra” psychiki, ośrodka będącego siedliskiem (samo)świadomości, którego uszkodzenie powodowałoby całkowity zanik świadomości. Wprost przeciwnie, uszkodzenia różnych części mózgu mogą spowodować upośledzenie rozmaitych aspektów psychiki. Dowodzi to, iż psychika i świadomość są zdelokalizowane i stanowią

pochodną raczej kojarzenia (asocjacji) różnych procesów neurofizjologicznych niż jakiegoś jednego, konkretnego procesu.

Przyjrzyjmy się teraz nieco bliżej funkcjonowaniu drogi wstępującej i zstępującej w mózgu. Ogólny schemat przepływu i przetwarzania informacji przez układ nerwowy człowieka podsumowuje rycina 4. Mamy tu więc bodźce fizyczne z otoczenia, rejestrowane przez receptory i przekształcane w procesie integracji w złożone „obrazy sensoryczne”, które następnie dostają się do ośrodka decyzyjnego (pamięci operacyjnej). Zostają tam wykorzystane do podjęcia decyzji, a te z kolei po odpowiednim rozpisaniu prowadzą do uruchomienia odpowiednich efektorów. Zarówno w procesie integracji wrażeń, jak i w procesie podejmowania decyzji kluczową rolę odgrywają zapisy pamięciowe, które w wyniku tych procesów same mogą ulec wzbogaceniu i modyfikacji.

Zwróćmy uwagę, iż pod względem formalnym cały układ nerwowy u zwierząt wyższych (wraz z człowiekiem) ciągle realizuje następujący schemat przekazywania informacji: bodziec → przetwarzanie → reakcja, omawiany przy prezentacji pojedynczej komórki nerwowej ukwiała. W czym więc dokonał się, oczywisty chyba, postęp? Po pierwsze, dotyczy on ogromnego, niesamowitego wręcz wzrostu stopnia komplikacji środkowego członu powyższego ciągu przekazywania informacji, a mianowicie jej przetwarzania. Zwiększenie się ilości, różnorodności i dokładności receptorów oraz rozbudowa sensoryczno-poznawczej części mózgu doprowadziły do uwzględnienia niepomiarnej większej liczby rozmaitych aspektów świata zewnętrznego, natomiast rozbudowa i doskonalenie systemu efektorów (głównie kompleksów mięśni, w tym systemu manipulacyjnego ręki człowieka) oraz motoryczno-decyzyjnej części mózgu znacznie wzmogło różnorodność i adekwatność reakcji na rozmaite bodźce środowiskowe. Po drugie, nastąpiło wielkie upośledzenie funkcji przekładania bodźców z otoczenia na zachowanie się organizmu, rozpisanie jej na wiele etapów pośrednich. Po trzecie, co wiąże się z punktem poprzednim, przetwarza-



Ryc. 5. Poszczególne etapy hierarchicznie zorganizowanej integracji danych zmysłowych na przykładzie integracji bodźców wzrokowych. Jest to przykład drogi wstępującej (generalizującej), gdzie następuje przejście od prostych struktur neuronalnych do bardziej złożonych.

nie informacji przestało być procesem mechanicznym, a więc ściśle zdeterminowanym – tak skomplikowany układ jak ludzki mózg nie może pracować w pełni deterministycz-

ne, musi mieć pewną komponentę przypadkową, chaotyczną, gdzie najmniejsze zaburzenie może skierować przyszłą ewolucję układu na zupełnie nieprzewidywalne tory<sup>5</sup>. Po czwarte, cały układ decyzyjny osiągnął dużą dozę autonomii, co wyraża się faktem, iż nie jest on całkowicie, czy nawet w sposób dominujący, warunkowany bieżącymi danymi zmysłowymi, lecz przeprowadza analizę minionych doświadczeń (co niekoniecznie może znaleźć zastosowanie akurat tu i teraz) i planuje przyszłe działania, a także wykazuje „ciekawość poznawczą”, czyli dążność do wytworzenia sobie możliwie pełnego obrazu świata – obrazu nie służącego doraźnym korzyściom, lecz będącego, chwilowo przynajmniej, celem samym w sobie (co nie oznacza, że się nie przyda w przyszłości). Po piąte wreszcie, ludzki mózg posiadał (samo)świadomość, a tym samym subiektywną sferę doznań psychicznych, która z pewnością nie jest udziałem pojedynczego neuronu ukwiała. O tym, na czym polega – w moim mniemaniu – wyłonienie się fenomenu (samo)świadomości, będzie mowa w rozdziale 6.

Teraz przyjrzyjmy się hierarchicznie zorganizowanej integracji danych sensorycznych na przykładzie zmysłu wzroku. Interesować nas przy tym będzie przede wszystkim to, co dzieje się z informacją pochodzącą od oczu na kolejnych etapach jej przetwarzania, a nie to, w których konkretnie częściach mózgu (a w szczególności – kory wzrokowej) owo przetwarzanie się odbywa. Ogólny schemat obróbki danych wzrokowych przedstawia ryc. 5. Cały proces rozpoczyna się w momencie, kiedy poszczególne komórki światłoczułe obecne w siatkówce oka – pręciki i czopki – zostaną pobudzone przez kwanty promieniowania elektromagnetycznego o widzialnej długości fali. Na wejściu mamy więc w różnym stopniu „uaktywnione” pojedyncze punkty obrazu, przypominające pojedyncze ziarna emulsji fotograficznej. Myliłby się jednak w sposób drastyczny ktoś, kto by sądził, że właśnie taka fotografia dociera do najwyższych ośrodków w ludzkim

<sup>5</sup> Choć indeterminizm nie oznacza jeszcze wolnej woli: patrz dalej.

mózgu i jawi się światłu naszej świadomości. Informacja zawarta w pierwotnym fotograficznym obrazie zostaje na wielu kolejnych etapach istotnie przekształcona i odniesiona do ogromnych zasobów informacji już zawartej w naszym mózgu (na skutek trwającego przez całe życie procesu uczenia się) – inaczej nie byłibyśmy w stanie jej zrozumieć, tak jak aparat fotograficzny (czy kamera wideo) nie rozumie stworzonego w swym wnętrzu obrazu.

Pierwsze etapy obróbki informacji zachodzą już w siatkówce. Jest to poniekąd oczywiste, ponieważ w siatkówce znajduje się około stu milionów czopków i pręcików, natomiast nerw wzrokowy zawiera jedynie około miliona włókien nerwowych (aksonów), nie może więc być tak, że każda komórka światłoczuła samodzielnie przesyła do mózgu informacje o swoim pobudzeniu. Dzieje się inaczej – informacje przesyłane do mózgu stanowią zebraną i częściowo przetworzoną informację pochodzącą od wielu komórek receptorowych. Nerwy wzrokowe składają się z aksonów tak zwanych neuronów zwojowych, oddzielonych od komórek światłoczułych bogatą siecią innych neuronów. Na czym polega ta wstępna obróbka informacji? Do rozpoznania barwy konieczne jest przede wszystkim porównanie sygnałów z kilku przyległych czopków różnych typów (wrażliwych na różną długość promieniowania elektromagnetycznego<sup>6</sup>). Tego rodzaju „obliczenia” dokonywane są już właśnie w siatkówce przez małe komórki zwojowe, zapewniające dużą rozdzielczość obrazu (zbierające bodźce z małych obszarów siatkówki). System innych (większych) komórek zwojowych

<sup>6</sup> Wyróżniamy trzy rodzaje czopków, wykazujące maksimum reaktywności na promieniowanie elektromagnetyczne o barwie, odpowiednio, czerwonej, zielonej i niebieskiej. „Czerwony” kwant światła może jednak pobudzić „zielony” czoppek, jakkolwiek prawdopodobieństwo takiego pobudzenia jest znacznie mniejsze niż w przypadku pobudzenia przez „zielony” kwant promieniowania. Dlatego, by jednoznacznie określić barwę promieniowania elektromagnetycznego docierającego do jakiegoś małego obszaru siatkówki, konieczne jest porównanie sygnałów od kilku (dziesięciu) czopków różnej „barwy” i wydedukowanie na tej podstawie „wypadkowego” koloru.

zbiera sygnały zarówno z pręcików, jak i czopków. Jest on „ślepy” na barwy i posiada małą rozdzielczość (zbiera bodźce z dużych obszarów siatkówki), ale charakteryzuje się za to większą szybkością działania i nastawieniem na wykrywanie zmian natężenia światła zarówno w przestrzeni, to jest w płaszczyźnie siatkówki (wykrywanie kontrastów), jak i w czasie (detekcja ruchu). A zatem siatkówka nie informuje mózgu w sposób jednoznaczny i dokładny o tym, co rejestruje w swoim polu widzenia. Obraz, który transmituje do mózgu, jest już istotnie zmniejszony. Na przykład, gdy postrzegany obszar jest duży i jednorodny, poświęca się mu stosunkowo niewiele uwagi i w odpowiedzi generowane są jedynie słabe sygnały różnicujące, podczas gdy w przypadku bardziej zróżnicowanych bodźców reakcja jest znacznie silniejsza.

Siatkówka przekształca więc pojedyncze punkty obrazu (pobudzone lub nie pobudzone komórki światłoczułe) w nieco od nich większe plamki, pokrywające razem całą powierzchnię siatkówki i częściowo zachodzące na siebie. Dodatkowo „obdarza” te plamki elementarnym kolorem, wykrywa kontrast z sąsiednimi plamkami i rejestruje ich ruch. Zatem już sam „komputer siatkówkowy”, mimo iż zawiera stosunkowo niewiele komórek nerwowych, dokonuje wcale zaawansowanych „obliczeń”, zanim jeszcze informacja wzrokowa w ogóle osiągnie mózg! Dalsze etapy obróbki tej informacji zachodzą w poszczególnych polach kory wzrokowej, reprezentujących kolejne etapy hierarchicznie zorganizowanego procesu integracji sygnałów docierających od receptorów. W każdym z takich pól (a przynajmniej w pierwszych z nich, oznaczonych symbolami od V1 do V4, od ang. *visual* – „wzrokowy”) istnieje topologiczne odwzorowanie siatkówki (tzw. mapa retinotopowa) – oznacza to, iż neurony odbierające sygnały od sąsiadujących ze sobą regionów siatkówki także usytuowane są obok siebie w kolejnych polach wzrokowych. Jednakże, na coraz wyższych poziomach hierarchii, poszczególne neurony obsługują coraz to większe obszary siatkówki – ich „pola receptorowe” są coraz większe – i reagują na coraz bardziej złożone cechy.



Różne cechy obrazu na różnych poziomach hierarchii obrabiane są równolegle, w sposób w dużej mierze od siebie niezależny. Na wielu niższych szczeblach hierarchii zachowany zostaje zasadniczo rozdział dróg zajmujących się kolorem i ruchem, chociaż obie te drogi zainteresowane są orientacją w przestrzeni i widzeniem stereoskopowym. Stopniowo wzrasta jednak stopień skomplikowania wyodrębnianych w obrazie cech. Na przykład pole V1 organizuje poszczególne plamki obrazu, „otrzymane” od siatkówki, w linie proste o różnym nachyleniu. W słynnym doświadczeniu na korze wzrokowej kota (przyznano za nie Nagrodę Nobla) wykazano, iż część neuronów pola V1 reaguje najsilniej na cienkie pasemko światła (lub ciemności) albo na czarno-białą krawędź (pozostałe reagują na kolistą plamkę światła/ciemności). Każdy neuron preferuje charakterystyczną dla siebie orientację (kąt nachylenia) linii lub pasma, które pobudza go najsilniej, przy czym sąsiadujące neurony reagują na podobnie zorientowane bodźce. Pola recepcyjne neuronów kory V2 (następny szczebel hierarchii) są większe niż w korze V1 i zdolne do bardziej subtelnych reakcji (na przykład reagują na iluzoryczne kontury).

Na kolejnych szczeblach hierarchii linie proste i krzywe organizowane są w coraz to bardziej złożone kształty, te zaś zostają zintegrowane w rozmaite obiekty o rosnącym stopniu komplikacji. Występuje tu wiele wciąż jeszcze mało poznanych etapów, lecz w końcu dochodzimy (w ośrodkach „wyższego rzędu”) do pojedynczych neuronów, które na przykład wybiórczo reagują na ludzkie twarze, przy czym jedne z nich pobudzane są jedynie przez twarze widziane z przodu (z pewną tolerancją na odchylenie), inne zaś – jedynie przez twarze widziane z profilu.

Oddzielnym, równoległym (przynajmniej do pewnego etapu) kanałem zachodzi obróbka postrzegania ruchu. Na kolejnych etapach integracji niektóre neurony stają się zainteresowane kierunkiem i prędkością ruchu bodźca, przy czym i tu neurony leżące blisko siebie reagują na podobne prędkości i kierunki. Inne neurony pobudzane są przez obiekty zbliżające się (zwiększające swoje rozmiary kątowe), a jesz-

cze inne – przez obiekty oddalające się. Osobny kanał obróbki informacji odpowiedzialny jest za opracowywanie informacji dotyczących kolorów.

Proces postrzegania, przynajmniej częściowo, przebiega zatem w sposób równoległy: przetwarzanie różnych aspektów danych wzrokowych odbywa się **równocześnie**, tyle że niezależnie, w różnych miejscach w mózgu. W końcu następuje jednak (jak się przypuszcza, przede wszystkim w płatach skroniowych) integracja najwyższego rzędu, gdzie rozmaite drogi obróbki bodźców schodzą się ze sobą, a poszczególne aspekty widzenia (kształt, ruch, barwa) zespala się (przynajmniej w naszym subiektywnym odczuciu) w jedną spójną całość. Do tego dochodzą zintegrowane sygnały pochodzące od innych narządów zmysłów, które są włączane do finalnych „obrazów sensorycznych”. W płatach skroniowych oraz przylegających do nich fragmentach płatów potylicznych (o czym świadczą skutki uszkodzeń mózgu) zdają się być „ulożone” i formowane oraz pobudzane przez dane receptorowe obiekty neuronalne odpowiadające zarówno bardziej ogólnym pojęciom i kategoriom (a zatem związane z pamięcią semantyczną), jak i konkretnym przedmiotom i zdarzeniom (stanowiące zapis pamięci epizodycznej). Zarazem prawdą jest, iż dużej części funkcji sensorycznych wyższego rzędu nie da się tak łatwo zlokalizować w obrębie mózgu.

Twierdziłem już powyżej, iż napływające od receptorów zintegrowane dane zmysłowe są konfrontowane z pamięcią i odpowiednio przez to interpretowane. Teraz dochodzimy jednak do kluczowego pytania: czy rozróżnienie pomiędzy wyższymi strukturami sensorycznymi a uaktywnieniem odpowiednich zapisów pamięciowych jest w ogóle zasadne? Moim zdaniem – nie. Postrzeganie nie może się bowiem odbywać bez rozumienia tego, co się postrzega, a probierzem zrozumienia bodźców zmysłowych, semantycznym punktem odniesienia dla nich są właśnie adekwatne zapisy pamięciowe (dotyczące zdarzeń czy pojęć związanych z tym, co jest akurat postrzegane). Na bieżąco formowane obrazy sensoryczne po prostu „wplatają się” w już istniejące ślady pa-

mięciowe (uczestnicząc jednocześnie w tworzeniu nowych śladów pamięciowych). Wynika z tego, iż w mózgu nie ma sensu przeprowadzać – jak to można bez trudu uczynić w komputerze – ostrej granicy między danymi wejściowymi a pamięcią (a także między pamięcią utrwaloną i operacyjną), tak samo zresztą jak między *hardware* (fizyczną strukturą wewnętrzną – „odrutowaniem”) a *software* (oprogramowaniem). Mózgowe zapisy pamięciowe to po prostu odpowiednio obrobione dane zmysłowe uzyskane w przeszłości, służące – jako odnośnik – do rozumienia i interpretacji kolejnych sygnałów napływających od receptorów.

W końcu zintegrowane obrazy sensoryczne (niektóre z nich) docierają do światła świadomości (liczne dane wskazują, że uświadamiamy sobie jedynie niewielką część obrazów sensorycznych wytworzonych w naszym mózgu; o braku istnienia bezpośredniego związku między świadomością a tymi obrazami świadczy chociażby fakt, że u nieświadomych pacjentów w trwałym stanie wegetatywnym widok znajomych twarzy uaktywnia „rejon twarzy” w mózgu). Świadomość, zwana przez niektórych najwyższym receptorem mózgu, obejmuje (moim zdaniem) dane pochodzące od receptorów znajdujące się na najwyższym etapie integracji, chociaż można w niej odnaleźć tak pozornie proste i elementarne aspekty widzenia jak kolor niebieski czy poszczególne punkty obrazu. A jednak, jak będę dowodził dalej, pojmowanie zarówno „niebieskości”, jak i „punktowości” może odbywać się jedynie w strukturalno-funkcyjnym kontekście całej sieci neuronalnej i zawartych w niej śladów pamięciowych. Stanowi to zresztą część formułowanego od dawna, dręczącego i tajemniczego problemu: dlaczego jedne sygnały jawią się w świadomości jako dźwięki, a inne jako obrazy? Choć w subiektywnym odbiorze reprezentują one zupełnie odmienne jakości, ich podłożem są przecież identyczne (to znaczy tego samego rodzaju) impulsy elektryczne. Problem ten dotyczy zresztą także na przykład różnicy między barwą czerwoną i niebieską. Otóż wierzę, że rozwiązanie tej zagadki stanowi (oprócz odmiennych mechanizmów integracyjnych) aktywizacja (pobudzenie) przez rozmaite sygnały pochodzące od

receptorów (na przykład reprezentujące dźwięki i obrazy, lub różne barwy) różnych fragmentów sieci nerwowej. Odpowiednie, takie a nie inne obszary tej sieci otrzymują w danym przypadku określone impulsy nerwowe i wysyłają w odpowiedzi adekwatne impulsy zwrotne, które wzmacniają połączenia tych obszarów z wiodącymi do nich drogami sensorycznymi oraz z innymi aktywowanymi przez te drogi w tym samym czasie fragmentami sieci neuronalnej. Innymi słowy, sygnały od receptorów „odnoszone” są w różnych przypadkach do odmiennie ukształtowanych zapisów pamięciowych. „Znaczenie”, „subiektywna jakość” rozmaitych struktur i procesów neurofizjologicznych w mózgu jest zatem determinowana w sposób relacyjny, poprzez odniesienie do innych struktur i procesów.

Podczas gdy nieświadome przetwarzanie informacji w mózgu, a w szczególności integracja rozmaitych aspektów danych zmysłowych pochodzących z różnych receptorów, wydaje się zachodzić w sposób zasadniczo równoległy, jak była już o tym mowa wyżej, to jednak większość neurofizjologów podziela opinię, że procesy mózgowe leżące u podłoża świadomości zachodzą w sposób sekwencyjny, szeregowy, jeden za drugim. Jak to się jednak w takim razie dzieje, iż światło świadomości może obejmować naraz tak duże spektrum fenomenów, ich rozmaitych aspektów i cech, jednocześnie w jednym obiekcie jakości tak odmienne jak kształt, barwa, ruch i zapach, a jednocześnie zawierać w sobie myśli, emocje, planowanie działań oraz **samoświadomość własnego istnienia**? Otóż, wedle wszelkiej dostępnej nam wiedzy, neurofizjologiczny korelat świadomości nie jest ściśle zlokalizowany w jakimś konkretnym miejscu w mózgu<sup>7</sup>, lecz stanowi fenomen (proces) rozproszony, angażujący obwody neuronalne w znacznych obszarach kory mózgowej (oraz, być może, we wzgórzu – jednej w najstarszych ewolucyjnie części mózgu). Często zadawane jest wobec tego pytanie, jak to się dzieje, że te wszystkie tak odmienne obiekty i aspek-

<sup>7</sup> Kartzejusz na przykład twierdził, że dusza znajduje się w szyszynce.

ty świadomości jednoczą się, w naszym subiektywnym odczuciu, w jedną całość. Moim zdaniem rozproszenie (neuralnego korelatu) świadomości na dużym obszarze mózgu nie ma tu nic do rzeczy – problem nie wyglądałby ani o jotę inaczej, gdyby świadome procesy dało się zlokalizować w konkretnym miejscu o objętości, powiedzmy, trzech milimetrów sześciennych. Wrażenie jedności może być spowodowane wzajemną intensywną komunikacją między obszarami mózgu stanowiącymi „nośniki” różnych jej aspektów, bez względu na to, czy komunikacja ta odbywa się na małą, czy na nieco większą odległość. Poza tym, według mnie, przekonanie o jedności świadomości stanowi w dużej mierze jedynie subiektywne, introspekcyjne odczucie, któremu nic „rzeczywistego” nie musi odpowiadać. Dla mnie najważniejsze jest to, jak w ogóle świadomość wyłania się z „apsychicznej” aktywności sieci komórek nerwowych.

O ile świadomość (przetworzonego obrazu) świata zewnętrznego ma swe korzenie w sensorycznej części kory (korze skroniowej i ciemieniowej), to „świadomość tej świadomości”, a także świadomość własnych „wewnętrznych” stanów psychicznych (myśli, podejmowania decyzji, planowania działań, emocji) oraz świadomość własnego „ja”, czyli po prostu **samoświadomość** mieści się, moim zdaniem, w korze przedczołowej stanowiącej centrum decyzyjne i siedzisko pamięci operacyjnej w mózgu. W istocie to tutaj docierają (przede wszystkim „Centralną Magistralą Mózgową”) zintegrowane obrazy sensoryczne i tu właśnie są one „uświadamiane”, albowiem – jak tego dowodzę dalej – pojęcie świadomości w oderwaniu od pojęcia samoświadomości stanowi pojęcie puste i zgoła bezsensowne. Zlokalizowanie pamięci operacyjnej w korze przedczołowej oznacza, iż właśnie tu zachodzą dynamiczne procesy asocjacji i analizy najrozmaitszych danych oraz ich konfrontacja z adekwatnymi zapisami pamięci „statycznej”, tu mają miejsce częściowo autonomiczne procesy długotrwałego planowania i myślenia, tu następuje podejmowanie decyzji co do bieżącego behawioru (i tym samym uruchomienie kaskady rozpisywania tych decyzji na stymulacje poszczególnych efektorów), tu

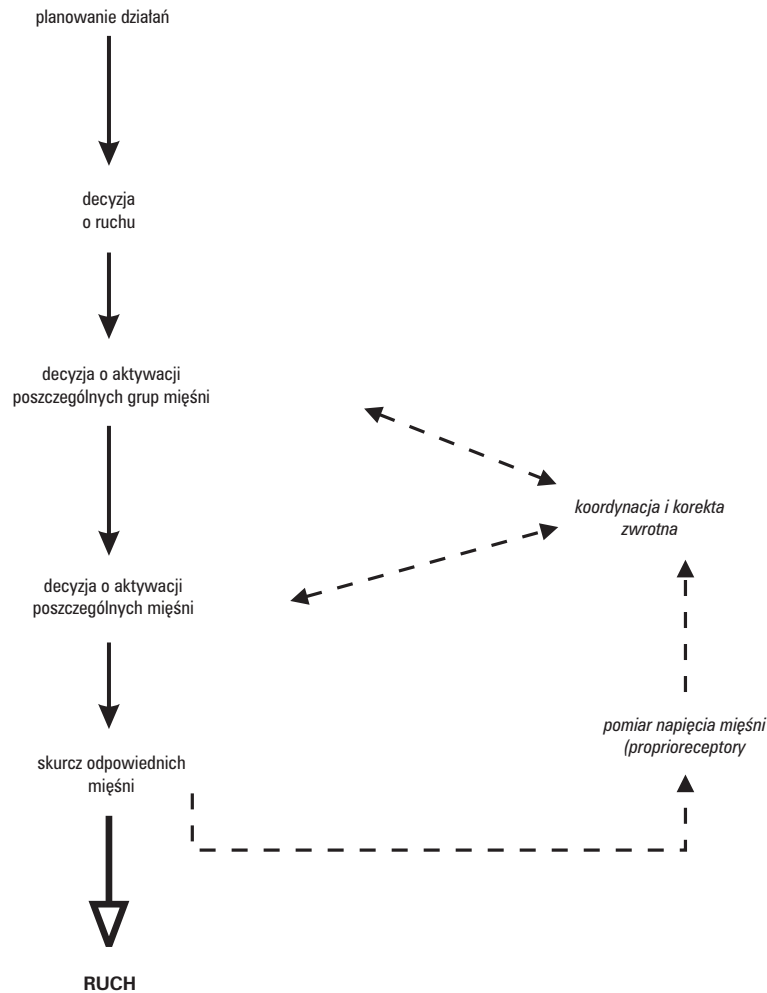
wreszcie znajduje się (u człowieka) siedzisko subiektywnego odczucia tak zwanej „wolnej woli”. Zwolennik idealizmu mógłby więc powiedzieć, iż to właśnie pod tym adresem zamieszkuje w mózgu nieśmiertelna dusza.

Generalnie rzecz biorąc, pamięć operacyjna odpowiada (przynajmniej części) pamięci krótkotrwałej, włączywszy ten jej fragment, który w danym momencie stanowi (znowu: u człowieka) neurofizjologiczne podłoże treści (samo)świadomości w wyniku skierowania nań światła świadomości (bierze w tym udział fenomen uwagi). Poszczególne „ślady pamięciowe” pamięci krótkotrwałej po odpowiednim przekształceniu bywają (choć nie zawsze się tak dzieje) utrwalane w pamięci długotrwałej jako w miarę stabilne zapisy pamięciowe. Przenoszenie śladów (wzorców) pamięciowych z pamięci krótkotrwałej do długotrwałej może być spowodowane wielokrotnym powtórzeniem się jakiegoś śladu w tej pierwszej lub też skojarzeniem takiego śladu z jakąś ważną informacją lub też ogólnym stanem pobudzenia mózgu.

Wstąpiliśmy już, rozpoczynając od pobudzeń pojedynczych komórek receptorowych w narządach zmysłów przez bodźce fizyczne pochodzące ze świata zewnętrznego, na same wyżyny integracji i asocjacji sygnałów sensorycznych pochodzących z różnych narządów zmysłów. Przebieg procesów myślowych w pamięci operacyjnej (częściowo tylko *post factum* uświadamiany) polega na wykorzystywaniu napływających danych zmysłowych i posiadanych zapisów pamięciowych do podejmowania decyzji o bieżących i przyszłych działaniach. Powyższe procesy niezmiernie skomplikowanego przetwarzania informacji to najwyższy poziom hierarchii funkcjonowania ludzkiego mózgu, znajdujący (przynajmniej w części) swe odbicie w umyśle (jak pamiętamy, w pojedynczej komórce nerwowej ukwiała całemu temu niezmiernemu bogactwu operacji „przetwórczych” odpowiada skrajnie elementarna i ściśle zdeterminowana „decyzja” co do tego, czy receptor dotyku został pobudzony dostatecznie mocno, by spowodować skurcz włókien mięśniowych). To tu tkwi, przynajmniej z naszego antropocentrycznego punk-



## Rozpisywanie ruchu



Ryc. 6. Poszczególne etapy hierarchicznie zorganizowanego rozpisywania ogólnych decyzji na aktywność poszczególnych efektorów, w tym wypadku mięśni. Jest to przykład drogi zstępującej (konkretyzującej), gdzie następuje przejście od bardziej ogólnych do bardziej konkretnych dyrektyw dotyczących stymulacji poszczególnych mięśni.

tu widzenia, samo „jądro” pracy mózgu, jako że na tym właśnie etapie zachodzą „najwyższe czynności mózgowe”, takie jak abstrakcyjne myślenie, ściśle związane ze stanami psychicznymi, wyróżniające człowieka spośród królestwa zwierząt.

Jednak wyprawa w góry to nie tylko wspięcie się na wierzchołek, ale także powrót w dolinę. Zaczniemy zatem i my schodzenie w dół. Trasę naszej dalszej marszruty przedstawia ryc. 6. Konkretnym, „namacalnym” skutkiem planowania działań w pamięci operacyjnej jest podjęcie decyzji o takim a nie innym zachowaniu teraz lub w przeszłości, polegającym najczęściej na pewnym rodzaju ruchu całego ciała lub jego części (nawet tak szczególna aktywność, jak wypowiedzanie przekazów językowych, pisanie czy rysowanie to nic innego, jak odpowiednio skoordynowana forma ruchu pewnych części ciała). W momencie podjęcia działania decyzja o wykonaniu ruchu musi zostać wprowadzona w życie. Jak już wspomniałem, odbywa się to stopniowo na wielu hierarchicznie zorganizowanych etapach, na których ogólne dyrektywy rozpisywane są na coraz to bardziej szczegółowe instrukcje. Ustalana zostaje czasowa sekwencja oraz intensywność pobudzeń całych grup mięśni, potem pojedynczych mięśni, a wreszcie – poszczególnych włókien mięśniowych. Cały proces przebiega w wielu miejscach ośrodkowego układu nerwowego. Jego istotna część mieści się w korze ruchowej, w której różne obszary odpowiadają mięśniom poszczególnych części ciała, na przykład dłoni, łydki, tułowia, przy czym przylegające do siebie obszary kory „obsługują” sąsiadujące części ciała, na przykład poszczególne palce dłoni, samą dłoń, przedramię i ramię (podobna „mapa” ciała znajduje się w korze czuciowej, zbierającej bodźce dotykowe). Koordynacją ruchów, czyli ustalaniem czasowego wzorca (siły) skurczów poszczególnych mięśni, szczególnie w przypadku wyuczonych skomplikowanych umiejętności, jak na przykład jazda na rowerze, zajmuje się mózdzek. On także współuczestniczy w zwrotnej kontroli ruchów oraz postawy ciała. Jest to możliwe dzięki temu, że w mięśniach znajdują się receptory ich

napięcia („czucia wewnętrznego”), czyli tak zwane proprio-receptory. Mózdzek odbiera dane od tych receptorów, porównuje je z „zadanymi” wartościami napięcia mięśni w danej sytuacji, a następnie odpowiednio je modyfikuje, zwiększając albo zmniejszając siłę i/lub szybkość skurczu poszczególnych mięśni. Jest to istotne nie tylko w czasie ruchu, ale także w bezruchu, podczas utrzymywania odpowiedniej postawy ciała. Innym ośrodkiem biorącym udział w sterowaniu ruchem jest przodomózgowie, gdzie następuje wybór spośród dostępnej palety „programów ruchowych”. Pień mózgu inicjuje ruchy lokomocyjne i kontroluje ich szybkość, natomiast rdzeń kręgowy (druga, obok wypełniającego czaszkę mózgu, część centralnego układu nerwowego, leżąca w kanale kręgosłupa) jest siedliskiem tak zwanych ośrodkowych generatorów wzorca – prostych wrodzonych schematów ruchowych, odpowiedzialnych na przykład za naprzemienne poruszanie kończynami w czasie lokomocji (zauważmy, iż człowiek, chociaż w lokomocji używa jedynie nóg, w marszu lub biegu przebiera rękami w fazie przesuniętej o pół cyklu w stosunku do ruchu kończyn dolnych – to pamiątka ewolucyjna po naszych czworonożnych przodkach). Generalnie rzecz biorąc, wiele w dużej mierze komplementarnych ośrodków nerwowych współuczestniczy w sterowaniu całym układem ruchowym, przy czym wydaje się obowiązywać reguła, że bardziej złożone, nabyte w czasie życia osobniczego i uświadamiane wzorce motoryczne kontrolowane są przez wyższe partie układu nerwowego (a zwłaszcza korę mózgową), podczas gdy ewolucyjnie starsze, prostsze, wrodzone oraz nieświadomione zachowania (patrz dyskutowany poniżej odruch bezwarunkowy, polegający na cofnięciu ręki po dotknięciu gorącego przedmiotu) mają swe neurofizjologiczne siedlisko w niższych częściach centralnego układu nerwowego, w tym w rdzeniu kręgowym.

Na etapie odpowiedniego uruchomienia efektorów (mięśni) kończy się cały łańcuch przesyłania i przetwarzania informacji przez system złożony z układu nerwowego, receptorów i efektorów. Jego ewolucyjna rola jest jasna: zapewnić

na tyle optymalną reakcję behawioralną danego organizmu na bodźce ze środowiska, aby zmaksymalizować jego szanse na przeżycie i pozostawienie możliwie dużej liczby możliwie sprawnego potomstwa. „Najwyższym” ogniwem tego łańcucha, ale jednak jedynie ogniwem, jest mózg. Wiele prostych, a nawet bardziej złożonych zwierząt może się bez niego obyć. Z drugiej strony to właśnie mózg, w swym najbardziej zaawansowanym jakie znamy stadium rozwojowym, obecnym u człowieka, umożliwił (moim zdaniem) wyłonienie się trzeciego (po fizycznym i biologicznym) poziomu rzeczywistości, czyli poziomu psychicznego (subiektywnej sfery doznań mentalnych).

## OGÓLNA STRUKTURA SIECI NEURONALNEJ

Wszystkie omawiane powyżej funkcje mózgu realizowane są przez sieć neuronalną złożoną z komórek nerwowych (neuronów). Właściwości całej sieci stanowią w części pochodną cech przysługujących pojedynczym neuronom (omówionych w rozdziale 1), a w części wyłaniają się jako skutek specyficznej organizacji (strukturalnej i funkcjonalnej) całej sieci. Głównie chodzi tu o trzy aspekty tej organizacji. Po pierwsze, sprawą kluczową jest to, które neurony wysyłają sygnały (pobudzające lub hamujące, w zależności od typu neuronu wysyłającego) do których innych neuronów w danej sieci (co ciekawe, niektóre neurony wysyłają sygnały do samych siebie, co może prowadzić do samoistnego cyklicznego generowania sygnałów przez te neurony bez jakichkolwiek pobudzeń z zewnątrz – mówimy wtedy o samopobudzeniu – lub też, przeciwnie, do moderowania swojej aktywności, czyli samohamowania). Jak już wspomniałem, ze względu na ogromną ilość neuronów w ludzkim mózgu (około stu miliardów) i połączeń synaptycznych na każdym neuronie (kilka tysięcy), tylko bardzo, bardzo nieliczny (wręcz znikomy) ułamek wszystkich możliwych połączeń może zostać zrealizowany, a wzorzec istniejących połączeń określa właśnie specyfikę danego mózgu jako urządzenia przetwarzającego dane ze środowiska na zachowanie organizmu (zwierzęcia lub człowieka). Po drugie, ważne jest, ile połączeń synaptycznych istnieje między poszczególnymi neuronami (a tak-

że, oczywiście, czy są to połączenia pobudzające, czy hamujące). Po trzecie wreszcie, istotny dla przetwarzania informacji przez sieć neuronalną jest próg pobudliwości (waga połączeń) poszczególnych synaps, a tym samym stopień „udroźnienia” szlaków neuronalnych, na których się owe synapsy znajdują. Wszystkie powyższe aspekty globalnej organizacji sieci neuronalnej, a więc fakt istnienia lub nieistnienia strukturalnego i funkcjonalnego połączenia między różnymi neuronami, a także ilość i waga połączeń synaptycznych, mogą ulegać zmianie w procesie uczenia się. Zatem struktura całej sieci zdolna jest do ewolucji i nabywania doświadczeń, tak jak ma to miejsce w przypadku sieci neuronalnej ludzkiego mózgu podczas rozwoju osobniczego. Dla naszych rozważań istotne jest to, że wszystkie opisane procesy integracji danych zmysłowych, asocjacji otrzymanych w ten sposób obrazów sensorycznych z innymi obrazami oraz zapisami pamięciowymi, a także planowania przyszłych działań i rozpisywania decyzji na ruchy zachodzą w zorganizowanej w opisany powyżej sposób sieci neuronalnej złożonej z poszczególnych komórek nerwowych, a samo tworzenie nowych zapisów pamięciowych wiąże się po prostu z, również scharakteryzowaną przed chwilą, ewolucją struktury tejże sieci pod wpływem kolejnych pobudzeń jej wejść (a także autonomicznych procesów analizy i przetwarzania informacji, czyli myślenia). W ten sposób wypełnieniu ulega niejako luka pomiędzy funkcjonowaniem pojedynczego neuronu, opisanym w rozdziale 1, a przedstawionym w rozdziale 2 przetwarzaniem informacji przez cały mózg na poziomie makroskopowym. Temu właśnie zagadnieniu (czyli budowie i funkcjonowaniu sieci neuronalnej na poziomie pośrednim między neuronem i mózgiem) poświęcony będzie niniejszy rozdział.

Cały system nerwowy zwierzęcia czy człowieka to nic innego, jak właśnie odpowiednio zorganizowana (w aspekcie strukturalnym i, przede wszystkim, funkcjonalnym) sieć komórek nerwowych. Jest to w dużej mierze autonomiczny, zamknięty układ krążenia impulsów nerwowych (jako że pobudzenia receptorów i działania efektorów już takimi

impulsami nie są), w którym wyjścia (aksony) jednych neuronów połączone są (za pośrednictwem synaps) z wejściami (dendrytami) innych neuronów. W sieci nerwowej wszystkie neurony otrzymują sygnały od (i przesyłają je do) innych neuronów. Niektóre komórki nerwowe potrafią generować sygnały „same z siebie”, bez pobudzenia przez inne komórki nerwowe. Ponieważ jednak pobudzenia (lub hamowania) są w sieci neuronalnej z reguły przekazywane od jednych neuronów do drugich, istnieją w obrębie takiej sieci „szlaki”, „obwody” i „struktury” neuronalne, to znaczy sekwencyjne i bogato porozgałęziane ciągi neuronów przewodzących i przetwarzających informacje. Mózg zawiera także złożone z wielu neuronów tak zwane obwody rewerberacyjne, czyli zamknięte cykliczne drogi przewodzenia sygnałów nerwowych, w których pobudzenia mogą krążyć w kole bez żadnych pobudzeń z zewnątrz<sup>8</sup> (proszę nie mylić ich ze wspomnianymi wcześniej, samopobudzającymi się neuronami). Oczywiście, wszystkie szlaki neuronalne oraz obwody rewerberacyjne są ze sobą (bezpośrednio lub pośrednio) wzajemnie powiązane (strukturalnie i funkcjonalnie) w jeden, w dużym stopniu zintegrowany (choć występują w nim częściowo niezależne moduły), SYSTEM. Być może to właśnie procesy, które stają się (lub przynajmniej potencjalnie mogą się stać) treścią światła świadomości, odpowiadają za integrację najwyższego poziomu rozmaitych podzespołów w mózgu. Uważam, zgodnie z przewodnią osią niniejszej książki, iż

<sup>8</sup> Obwody rewerberacyjne obejmują połączenia neuronalne między wzgórzem a korą mózgową, a także zamknięty obwód połączeń między różnymi warstwami kory mózgowej, obejmujący kolejno warstwę 4 (której neurony odbierają sygnały z innych części mózgu), warstwę 2+3 (wysyłającą sygnały do sąsiadujących obszarów kory), warstwę 5 oraz warstwę 6 (stąd sygnały przekazywane są do innych partii mózgu), ponownie warstwę 4 i cykl się zamyka. Uważam, iż takie obwody mogą mieć wiele wspólnego z genezą (samo)świadomości, omawianą przeze mnie w jednym z kolejnych rozdziałów (a to ze względu na relację samonakierowania na siebie, leżącą, moim zdaniem, u podłoża samoświadomości). Co ciekawe, w czasie snu, kiedy świadomość jest wyłączona, wyżej opisany obwód jest przerwany, ponieważ warstwy 5 i 6 wtedy nie pracują.

wspomniany system tworzy pewną obiektywnie istniejącą całość, pewną nową jakość, która jest pochodną specyficznej, nakierowanej na pewne zadania, złożoności SYSTEMU, a także związanej z nią pewnej intencjonalnej informacji.

Ta sieć wzajemnie ze sobą połączonych komórek nerwowych, w dużym stopniu autonomiczna i stanowiąca (w bardzo istotnym z psychicznego punktu widzenia sensie) pewien osobny jakościowo „świat”, urywa się oczywiście ślepo na swoich wejściach i wyjściach, czyli receptorach i efektorach. Urywa w tym sensie, że informacja napływająca z otoczenia do komórek receptorów oraz „wysyłana w świat” przez komórki efektorów nie ma już postaci neuronalnych impulsów elektrycznych. Komórki receptorowe na przykład mogą być uważane za „półneurony”, których strona odbierająca sygnały jest „kompatybilna” z takim rodzajem fizycznych bodźców ze świata zewnętrznego, do jakiego dana komórka jest dostrojona, natomiast strona przekazująca sygnały dalej generuje je już w postaci rozpoznawalnej przez układ nerwowy: jako potencjał czynnościowy oraz uwolnienie neurotransmitera do szczeliny synaptycznej. Z kolei komórki efektorowe (np. mięśnie), będące „półneuronomi” w sposób odwrotny do komórek receptorowych, odbierają sygnały w formie typowej dla sieci neuronalnej (neurotransmitter powodujący wzrost potencjału w błonie postsynaptycznej), lecz przekształcają je w jakieś działanie mające już całkowicie odmienną postać fizyczną (na przykład skurcz mięśnia powodujący ruch lub wydzielanie substancji przez gruczoły). „Neutralne” zjawiska fizyczne, jak promieniowanie elektromagnetyczne (rejestrowane przez zmysł wzroku) czy praca mechaniczna (wynik akcji mięśni), zyskują, w kontekście systemu nerwowego zwierzęcia (lub człowieka), pewną wartość informacyjną, użyteczną przy realizacji określonego celu. Tym nadrzędnym, czysto biologicznym celem ustanowionym w procesie ewolucji jest oczywiście przeżycie i pozostawienie jak największej liczby potomstwa.

Informacja przetwarzana przez układ nerwowy posiada zatem wartość biologiczną. To, co znajduje się poza SYSTE-

MEM sieci połączeń neuronalnych (w tym także materialna substancja tejże sieci), ma już wobec tego w pewnym sensie całkowicie odmienną jakość niż formalny (odarty ze swego materialnego podłoża) wzorzec aktywności (przetwarzania informacji) w tejże sieci. Należy zatem bardzo wyraźnie odróżnić materialny nośnik procesów mentalnych, należący do fizycznego poziomu rzeczywistości, od stopnia – i przede wszystkim rodzaju – złożoności całego systemu przetwarzającego informację (który można próbować opisać w terminologii cybernetyki i teorii informacji), należącego już, moim zdaniem, do biologicznego (neurofizjologicznego) poziomu rzeczywistości (a w pewnych warunkach, o których powiem dalej, mogącego leżeć u podstaw psychicznego poziomu rzeczywistości)<sup>9</sup>. Po prostu sądzę, iż oba poziomy oparte na złożoności, a więc poziom biologiczny i poziom psychiczny, istnieją w sposób nie mniej obiektywny niż poziom fizyczny.

Ze względu na ogromną różnorodność budowy neuronów (różny kształt ciała komórki oraz odmienna długość i sposób rozgałęzienia dendrytów i aksonu), liczbę rozmaicie rozłożonych przestrzennie połączeń synaptycznych (zarówno pobudzających, jak i hamujących) z innymi neuronami, ogromną ilość kombinacji progów pobudzenia u poszczególnych synaps, wielość neurotransmiterów oraz różną czułość generującej impulsy nasady aksonu u poszczególnych neuronów, rozsądne wydaje się założenie, iż w mózgu ludzkim nie ma dwóch identycznych komórek nerwowych. Każda zatem z takich komórek realizuje nieco odmienną „funkcję logiczną”, czyli posiada charakterystyczny dla siebie wzorzec przyporządkowania rozmaitych sygnałów na wyjściu wielkiej ilości potencjalnych kombinacji sygnałów na wejściu (wzorzec ten może oczywiście ewoluować w wyniku uczenia się). Czy zatem to właśnie określa całkowicie, lub chociażby w głównym stopniu, rolę, jaką dany neuron spełnia w sieci nerwowej? Oczywiście – nie! Co najmniej równie ważne jest

<sup>9</sup> Podział na fizyczny, biologiczny i psychiczny poziom rzeczywistości omawiam bardziej szczegółowo w książce *Trzy ewolucje*.

to, w którym miejscu sieci dany neuron się znajduje, jaką funkcję pełni w pewnej większej całości, z którymi innymi neuronami i w jaki sposób się komunikuje. Dopiero na tej podstawie można określić w pełni „znaczenie” danej komórki nerwowej w całej sieci nerwowej. „Znaczenie” tych innych neuronów determinowane jest z kolei przez funkcjonalne powiązania z jeszcze innymi neuronami, tamtych – z następnymi; w ostatecznej instancji dochodzimy do nieuniknionego wniosku, że „sens” każdej komórki nerwowej określony zostaje przez kontekst całej sieci nerwowej, wszystkich składających się na nią neuronów, receptorów i efektorów, a więc przez wspomniany SYSTEM. Neurony nie są zatem w stanie określić swojej roli w globalnym kształcie procesów mózgowych „same z siebie” – staje się to możliwe jedynie w odniesieniu do całej nieprzebranej ilości innych neuronów. W tej sytuacji staje się jasne, dlaczego jedne sygnały od receptorów jawią się w naszej świadomości jako wrażenia słuchowe, a inne jako wzrokowe, mimo że pod względem fizycznym sygnały te mogą być całkowicie identyczne (jako ciągi zasadniczo jednakowych impulsów o określonej częstotliwości) – dzieje się tak, ponieważ mózg „traktuje” je jako takie a nie inne sygnały, ponieważ docierają one do odpowiednich ośrodków i są adekwatnie obrabiane (jest chyba jasne, że integracja bodźców słuchowych i wzrokowych odbywa się w radykalnie odmienny sposób). To daje subiektywne poczucie zupełnie innej jakości. Podobne korzenie ma odmienność barwy czerwonej i niebieskiej, chociaż, ze względu na bardziej zbliżone mechanizmy integracji i asocjacji, obie jawią się naszej świadomości jako jakości wzrokowe<sup>10</sup>. To oczywiście jedynie bardzo proste

<sup>10</sup> Uważam, że w momencie narodzin „przyszłe” barwy czerwona i niebieska mają bardzo zbliżone predyspozycje i są praktycznie nierozróżnialne (w sensie zarówno neurofizjologicznym, jak i psychicznym). Ich późniejsza odmienność bierze się ze skojarzenia w obrębie sieci neuronalnej, w trakcie gromadzenia doświadczeń życiowych, sygnałów pochodzących od „czerwonych” i „niebieskich” receptorów z różnymi zbiorami obiektów. Moim zdaniem, gdyby niemowlęciu od urodzenia prezentować jedynie



przykłady; jednakże wyodrębnianie w mózgu nawet najbardziej złożonych cech i znaczeń odbywa się zasadniczo na tej samej drodze – poprzez odniesienie do innych cech i znaczeń. Tego rodzaju **relatywne i relacyjne** znaczenie elementów jakiegoś systemu względem innych elementów nazywamy znaczeniem przez **konotację** (w odróżnieniu od znaczenia przez denotację, czyli bezpośrednie przyporządkowanie znaczenia jakiegoś elementu temu, co on oznacza, na przykład subiektywnego wrażenia barwy czerwonej – odpowiedniej długości fali elektromagnetycznej; w sposób denotacyjny znaczą na przykład nazwy językowe, gdzie nazwa „pies” bezpośrednio odnosi się do psa). Jak zobaczymy później, ta cecha sieci neuronalnej ma kapitalne wprost znaczenie dla istoty i struktury sieci pojęciowej w naszym umyśle oraz utworzonego w jej obrębie obrazu świata. A to z kolei warunkuje w niewyobrażalnie istotny sposób zasięg naszych możliwości poznawczych i naturę naszego poznania.

Oczywiście, sieć neuronalna nie jest tworem jednolitym – różne jej domeny są mniej lub bardziej powiązane z innymi domenami, a także wykazują rozmaity stopień wewnętrznej autonomii. Nie chodzi tu przy tym o czysto fizyczną lokalizację w mózgu, ale raczej o ilość połączeń, o funkcjonalne zintegrowanie. Różne domeny mogą być zatem „rozmyte” przestrzennie na dużym obszarze na przykład kory mózgowej, a ich sieci mogą na siebie zachodzić (wcale nie jest konieczne, aby neurony, których ciała komórkowe leżą blisko siebie, komunikowały się pomiędzy sobą intensywniej niż z komórkami nerwowymi leżącymi w dużej odległości; wprost przeciwnie, długość wypustek, a zwłaszcza aksonów, zapewnia efektywne przesyłanie sygnałów na duże dystan-

---

przedmioty (włączając w to twarze, niebo i wszystko inne), w których barwa niebieska została zamieniona z czerwoną, to doszłoby ono do subiektywnego postrzegania tych barw odwrotnie niż ma to miejsce u nas (oczywiście, jeżeli można w ogóle porównywać subiektywne odczucia). Taka zamiana nie byłaby już możliwa w przypadku obrazów i dźwięków, ponieważ są one całkowicie inaczej intergowane już w obrębie receptorów, a następnie w korze sensorycznej mózgu.

se, z drugiej zaś strony leżące tuż obok siebie neurony mogą nic o sobie nie wiedzieć). Oczywiście, tego rodzaju funkcjonalne „centra”, „ośrodki” w mózgu są często zorganizowane w sposób hierarchiczny: ośrodki odpowiedzialne za bardziej ogólne funkcje zawierają podośrodki wykonujące bardziej specyficzne zadania, te zaś z kolei składają się z podpodośrodków... Trzeba jednak jasno podkreślić, iż wyznaczenie wyraźnych granic sieci neuronalnej odpowiadającej jakiemuś centrum w mózgu stanowi niejednokrotnie trudne do wykonania zadanie (podczas gdy, na przykład, wyodrębnienie podzespołów w komputerze nie nastrocza żadnych problemów). Odnosi się to także (a może przede wszystkim) do śladów zapisu pamięci, zwłaszcza pamięci semantycznej, dotyczących poszczególnych obiektów, kategorii, pojęć i nazw. Fakt ten – o czym będzie mowa niżej – pozostaje w bezpośrednim związku z rozmyciem znaczeniowym, niedookreśleniem, brakiem absolutnej ostrości posiadanych przez nas pojęć. W ostatniej zaś instancji wszystkiemu winny jest konotacyjny charakter funkcji neuronów w sieci neuronalnej.

Zachodzi istotne pytanie, na ile funkcjonalna struktura sieci neuronalnej łącznie z jej najdrobniejszymi szczegółami (czyli właściwościami każdego połączenia synaptycznego) jest wrodzona, a więc uwarunkowana przez zapis genetyczny organizmu, na ile zaś ukształtowana w czasie życia osobniczego – w wyniku nabywania doświadczeń, gromadzenia zapisów pamięciowych, ale także na skutek zdarzeń przypadkowych. U niższych organizmów zwierzęcych komponenta wrodzona albo dominuje, albo całkowicie determinuje strukturę połączeń między neuronami, chociaż już u zwierząt zajmujących stosunkowo niską pozycję systematyczną, na przykład ślimaków, stwierdzono elementarne procesy uczenia się, a więc modyfikację układu połączeń synaptycznych (i co za tym idzie, wzorca reakcji organizmu na bodźce ze środowiska) w wyniku gromadzenia doświadczeń z przeszłości. U człowieka obie komponenty odgrywają bardzo istotną rolę. Czynniki wrodzone (będące wynikiem kumulacji „nauki” i przypadków w trakcie ewolucji biologicznej)

warunkuje ogólną strukturę mózgu, lokalizację ciał komórkowych neuronów i przebieg głównych włókien nerwowych, a także **predyspozycję** do tworzenia i modyfikacji połączeń synaptycznych. Wrodzone są także podstawowe mechanizmy integracji sygnałów od receptorów, na przykład to, co czyni wrażenia wzrokowe – wzrokowymi, a słuchowe – słuchowymi. W szerszym zaś zakresie, przychodzimy na świat z immanentną predylekcją do integracji rozmaitych elementów obrazów sensorycznych w związku przestrzenne, czasowe, przyczynowo-skutkowe i tak dalej. Bardzo istotne jest również to, że nasz mózg posiada wrodzone, ściśle zlokalizowane ośrodki Broca i Wernickego, które (dzięki swojej genetycznie uwarunkowanej ogólnej architekturze funkcjonalnej) umożliwiają nauczenie się języka, a po opanowaniu tej umiejętności „obsługują”, odpowiednio, wypowiedzianie zdań i szeregowanie wyrazów w gramatyczne ciągi („ubieranie myśli w słowa”) oraz rozumienie mowy (trzeba jednak pamiętać, że ośrodki te muszą przyswoić sobie w czasie życia osobniczego szczegóły swego funkcjonowania, na przykład zostać wdrożone do posługiwania się konkretnym językiem etnicznym). Nasz mózg zatem „wie” już dużo o świecie i swoim funkcjonowaniu (nauczyła go tego ewolucja biologiczna), zanim jeszcze opuścimy łono matki.

Ogromna część struktury sieci neuronalnej człowieka zostaje jednak nabyta dopiero w trakcie jego rozwoju osobniczego. Dotyczy to w szczególności wzorca lokalnych (w sensie funkcjonalnym) połączeń pomiędzy neuronami, zwłaszcza w tych rejonach sieci komórek nerwowych, które zajmują się złożonymi czynnościami poznawczo-decyzyjnymi. I tak w czasie ontogenezy kształtują się aspekty (fragmenty) sieci neuronalnej związane z integracją danych zmysłowych wysokiego rzędu, asocjacją (obrazów sensorycznych, pamięci, zdarzeń pojedynczych, cech, reguł, koincydencji zdarzeń), pamięcią epizodyczną (pamięć konkretnych zdarzeń i faktów), pamięcią semantyczną (rozumienie pojęć szczegółowych i ogólnych, kategorii, reguł, zależności, znajomość języka), pamięcią proceduralną (koordynacja ruchów, nabyte czynności motoryczne, w tym umiejętność posługiwa-

nia się mową) i tak dalej. Zatem to w trakcie życia nabywamy szczegółowy (ciągle ewoluujący) wzorzec połączeń synaptycznych (uwzględniający wagi połączeń synaptycznych), związany z wyższymi czynnościami poznawczo-decyzyjnymi: rozpoznawaniem złożonych obiektów, wykrywaniem skomplikowanych reguł rządzących zachowaniem się zbiorów obiektów, tworzeniem ogólnych kategorii, procesami myślenia (rozwiązywania problemów), planowania i podejmowania decyzji, wreszcie – wcielaniem w życie kompleksowych dyrektyw motorycznych. W trakcie rozwoju osobniczego uczymy się także rozumienia i posługiwania się językiem, zasad moralnych, arbitralnych wartości kulturowych, reguł logiki; wyrabiamy sobie (do pewnego stopnia) poczucie estetyki oraz nabywamy zgromadzoną przez społeczeństwo wiedzę.

Postaram się teraz przedstawić bardzo ogólnie, jak takie nabyte struktury w sieci neuronalnej (a przynajmniej niektóre z nich) kształtują się na poziomie neurofizjologicznym, wykorzystując opisane powyżej możliwości „uczenia się” poszczególnych neuronów. Ograniczę się przy tym głównie do integracji bodźców sensorycznych, chociaż uważam, iż podobne zasady obowiązują także w decyzyjno-motorycznej części kory mózgowej. Zacznę też od wrodzonej „bazy” owych nabywanych w trakcie rozwoju osobniczego funkcjonalnych struktur neuronalnych.

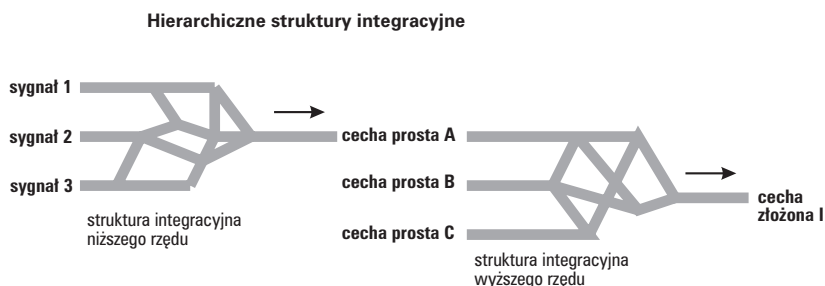
Pamiętamy przebiegającą w wielu etapach i hierarchicznie zorganizowaną integrację sygnałów od receptorów, przedstawioną na ryc. 5 na przykładzie obróbki danych wzrokowych. Na wejściu mamy tam pobudzenie przez kwanty promieniowania elektromagnetycznego komórek światłoczułych w siatkówce oka, czyli poszczególne piksele obrazu (przez analogię do pikseli – punktów świetlnych na monitorze komputera czy telewizora). Jak to się jednak dzieje, że rozkład pobudzeń na płaszczyźnie siatkówki zostaje potem wtłoczony przez mózg w gorset pewnych wyróżnionych kategorii, zinterpretowany jako plamki, linie i kontury o różnym kącie nachylenia, całą paletę barw łącznie ze światłocieniami, kształty, obiekty, czas, przestrzeń, ruch, związki przyczy-

nowe i tak dalej? Przecież na tym obrazie nie istnieje obiektywnie nic takiego jak linie czy indywidualne obiekty: grupowanie poszczególnych pikseli w takie lub inne zespoły i wyodrębnianie ich jako samodzielne, „żyjące własnym życiem” byty, fenomeny czy właściwości to już wyłącznie sprawa naszego oka i mózgu. Dlaczego więc mózg „wychwytuje” w sposób preferencyjny linie, a nie na przykład jakiś bezładny rozkład punktów lub fakt, że coś znajduje się jednocześnie w prawym górnym i lewym dolnym rogu pola widzenia? Odpowiadają za to pewne wzorce połączeń neuronów w sieci neuronalnej, które będę nazywał **strukturami integracyjnymi**. Są one zorganizowane hierarchicznie i odpowiadają za kolejne etapy integracji danych zmysłowych oraz tworzenia złożonych obrazów sensorycznych, przedstawione na ryc. 5. Nie ma w tym nic tajemniczego. Żeby nie być gołosłownym i nie sprawiać na Czytelniku wrażenia, iż zachodzi tu jakaś czarna magia, podam kilka przykładów działania takich struktur. Oto przypadek najbardziej trywialny: plamkę otrzymujemy z poszczególnych punktów-pikseli (czyli pobudzonych komórek światłoczułych), kiedy jakiś neuron zbiera sygnały od kilku(dziesięciu) położonych obok siebie pręcików i/lub czopków, które zostają jednocześnie pobudzone. Barwa fioletowa może powstać (mówiąc w uproszczeniu) w wyniku takiej samej intensywności pobudzenia jakiegoś innego neuronu przez „czerwone” i „niebieskie” czopki (do tego potrzebne jest „podłączenie” danego neuronu do takich właśnie czopków oraz sumowanie i porównywanie względnej intensywności pobudzeń obu typów czopków). Obiekty powstają w wyniku zgrupowania podobnych pikseli lub plamek w jednym miejscu obrazu, natomiast ruch obiektów zostaje wyekstrahowany z faktu, iż w sąsiednich chwilach czasowych zajmują one na siatkówce oka sąsiednie położenia przestrzenne, co jest właśnie odzwierciedleniem ciągłego przemieszczania się obiektu w polu widzenia. Linie postrzegane są wtedy, gdy sąsiadki jakiejś pobudzonej komórki światłoczułej w jakimś kierunku  $x$  też są pobudzone, natomiast komórki sąsiadujące z nią w prostopadłym do niego kierunku  $y$  – nie są. Kształty po-

wstają na wyższym poziomie integracji, poprzez składanie linii, plamek i tak dalej. Oczywiście, w każdym z powyższych przypadków potrzebny jest neuron lub grupa neuronów odpowiednio (w sensie funkcjonalnym) połączonych ze sobą nawzajem i (bezpośrednio lub pośrednio) z komórkami receptorowymi. Jestem przekonany, iż średniej klasy programista komputerowy, mając możliwość uwzględnienia formalnych parametrów synaps pobudzających i hamujących oraz różnej wagi połączeń synaptycznych, bez trudu napisałby algorytm zdolny imitować wszystkie powyższe proste przykłady integracji danych wzrokowych (myślę, że sam mógłbym to, aczkolwiek przy nieco większym nakładzie pracy, zrobić). Podobne ogólne zasady integracji dotyczą oczywiście także innych zmysłów, chociaż szczegóły integracji są tam niewątpliwie odmienne. Dźwięki na przykład nie są – przynajmniej u człowieka – organizowane w linie, kształty i obrazy przestrzenne. Prawdopodobna wydaje się jednak fascynująca możliwość, iż nietoperze właśnie na podstawie zmysłu słuchu wytwarzają sobie przestrzenny obraz świata, znacznie bardziej podobny do naszego obrazu wzrokowego niż słuchowego. Świadczy to o fakcie, że istotniejsze od tego, **jakie** sygnały sensoryczne (pochodzące od jakich, czułych na określone bodźce fizyczne, komórek receptorowych) są przetwarzane jest to, w **jaki sposób** są one integrowane.

Powyżej wskazałem przykłady działania bardzo prostych struktur integracyjnych, odpowiedzialnych za wyławianie z rozkładu pikseli w płaszczyźnie obrazu stosunkowo elementarnych cech i aspektów. Znajdują się one na najniższym szczeblu hierarchii. Struktury integracyjne wyższego rzędu składają elementy „wyprodukowane” przez struktury integracyjne niższego rzędu w bardziej złożone obiekty, te zaś z kolei są integrowane w jeszcze bardziej skomplikowane twory (na przykład ludzkie twarze) przez struktury integracyjne jeszcze wyższego rzędu. Rycina 7 przedstawia schematyczne działanie struktur integracyjnych na kolejnych szczeblach hierarchii. Dla prostoty wyróżniono na niej jedynie dwa szczeble hierarchii, chociaż w rzeczywistości może ich być znacznie więcej. Widzimy tutaj, iż wiele sygnałów





Ryc. 7. Ideowy schemat hierarchicznie zorganizowanych funkcjonalnych struktur integracyjnych w sieci neuronalnej. „Organizują” one sygnały od pojedynczych komórek receptorowych najpierw w proste, a potem w coraz to bardziej złożone cechy.

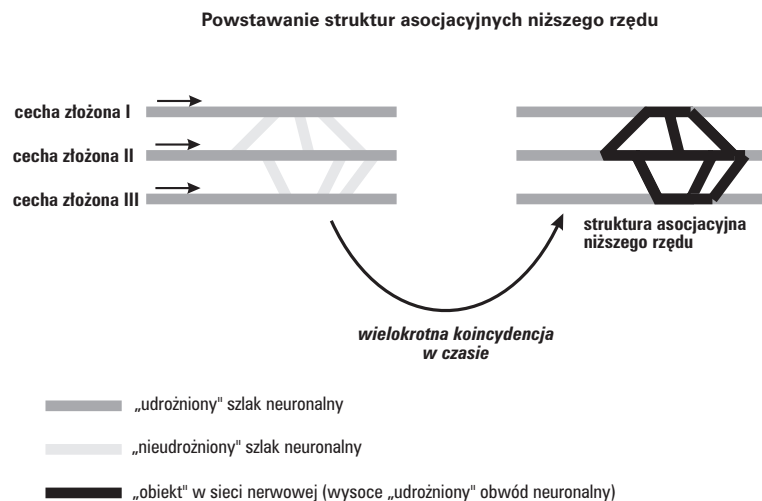
(1, 2, 3 ...) od poszczególnych komórek receptorowych ulega integracji przez strukturę integracyjną niższego rzędu w cechę prostą A. Ta cecha oraz inne cechy (B, C ...) wyekstrahowane przez inne struktury integracyjne niższego rzędu są następnie integrowane przez strukturę integracyjną wyższego rzędu w cechę złożoną I (rzymska jedyńka). Jak wspominałem, tych etapów integracji jest w rzeczywistości znacznie więcej.

Struktury integracyjne niższego rzędu są (moim zdaniem) u człowieka wrodzone. A zatem mamy genetycznie zakodowaną zdolność do postrzegania plamek, linii, barw, ruchu. Z drugiej strony, struktury integracyjne wyższych rzędów wykształcają się w swej ostatecznej postaci dopiero w trakcie rozwoju osobniczego. To podczas rozbudowy i modyfikacji systemu połączeń w sieci neuronalnej uczymy się postrzegać, rozpoznawać i rozumieć (w istocie jest to ta sama właściwość – nie ma postrzegania bez rozumienia) bardziej złożone obrazy sensoryczne. Moim ulubionym przykładem jest tu zdjęcie rentgenowskie klatki piersiowej, na którym ja, jako laik, widzę jedynie niewyraźne zarysy żeber i płuc, natomiast doświadczony lekarz jest w stanie wyłowić mnóstwo szczegółów i dzięki temu rozpoznać liczne zmiany chorobowe. Tam, gdzie ja widzę jedynie chaos mglistych plam, jego silnie rozwinięte w tym aspekcie struktury integracyj-

ne automatycznie organizują ich pozornie bezsensowny rozkład w niosący wiele informacji wzorzec.

Podam też przykład „z drugiej strony”. Kiedyś zajmowałem się obrączkowaniem nietoperzy i w tym celu latem łapałem je w siatki, a zimą poszukiwałem ich wysoko na stropach jaskiń. Po kilku latach praktyki ze zdziwieniem stwierdziłem, że, mimo raczej słabego wzroku (noszę okulary, które jednak nie w pełni kompensują moją krótkowzroczność), znacznie szybciej i łatwiej wypatruję nietoperze niż osoby dysponujące lepszym wzrokiem, ale nowe w branży chiropterologicznej. Po prostu w wyniku prób i błędów (gdy miałem już za sobą setki i tysiące odnalezionych nietoperzy, a co za tym idzie wiele zarówno trafnych, jak i chybionych rozpoznań tych stworzonek), odpowiednie struktury integracyjne w moim mózgu nauczyły się, jakie, pozornie chaotyczne, rozkłady plamek w słabym świetle latarki na wysokim stropie jaskini odpowiadają nietoperzom, a jakie nie. Satysfakcja z poprawnych rozpoznań wzmocniła połączenia neuronalne, które do nich doprowadziły, natomiast rozczarowanie chybnymi rozpoznaniem – osłabiło inne, odpowiedzialne za te rozpoznania połączenia neuronalne (w następnym rozdziale powiem, jak system nagrody/kary i związane z nim emocje prowadzą do wzmocnienia „korzystnych” połączeń w mózgu, a osłabienia – „niekorzystnych”). Myślę, iż każdy Czytelnik z łatwością znajdzie w swym życiu podobne przykłady ewolucji swych struktur integracyjnych.

Całkowicie nabyte w czasie rozwoju osobniczego są struktury połączeń w sieci neuronalnej, które będę nazywał **strukturami asocjacyjnymi**. Co to takiego? Zacznę od tego, iż nie można przeprowadzić ostrej granicy pomiędzy strukturami asocjacyjnymi a strukturami integracyjnymi wyższego rzędu, szczególnie tymi, które nie są wrodzone, lecz nabyte w trakcie ontogenezy. Jednakże w genezie i istocie struktur asocjacyjnych stosunkowo większą rolę odgrywają procesy kojarzeniowe, zachodzące zarówno w wyniku koincydencji czasowo-przestrzennej jakichś obrazów sensorycznych, jak i zjawiska myślenia (na przykład kojarzenie przez analogię). Mogą one także, przynajmniej potencjalnie, uwzględniać da-

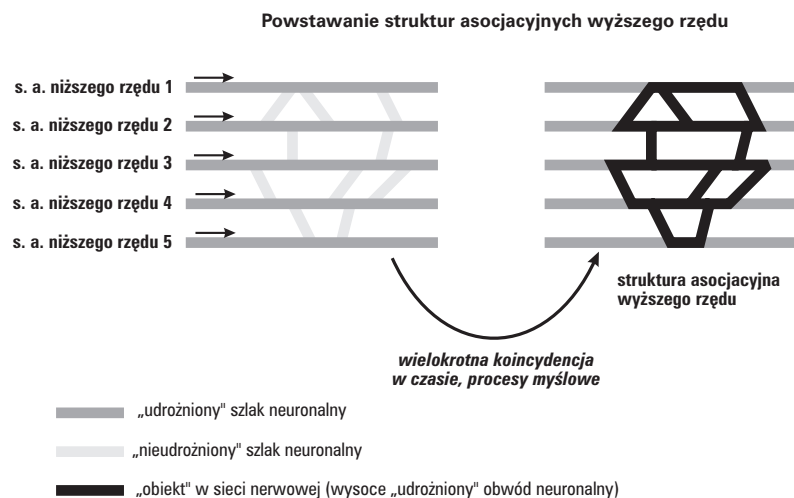


Ryc. 8. Ideowy schemat formowania się struktur asocjacyjnych niższego rzędu. Wielokrotna koincydencja czasowa uaktywnienia (zwłaszcza przez sygnały od receptorów) struktur integracyjnych odpowiadających pewnemu zespołowi cech złożonych prowadzi do utworzenia struktury asocjacyjnej niższego rzędu – pewnego „obiektu” w sieci neuronalnej, w obrębie którego połączenia synaptyczne mają niski próg pobudliwości i dlatego łatwo jest ten obiekt pobudzić jako całość nawet przez stosunkowo słaby sygnał.

ne pochodzące od wielu lub nawet wszystkich narządów zmysłów. Struktury asocjacyjne są silnie związane z zapisami pamięciowymi, szczególnie tymi dotyczącymi pamięci semantycznej i pamięci epizodycznej. To one, ich uaktywnianie i modyfikacja przez wrażenia i procesy myślowe, a także tworzenie w wyniku tego nowych struktur asocjacyjnych stanowią, moim zdaniem, neurofizjologiczny „nośnik” obiektów mentalnych i procesów psychicznych. Niektóre z nich stają się treścią naszej świadomości. To one generalnie odpowiadają na poziomie psychicznym temu, co nazywam szeroko rozumianymi pojęciami (patrz rozdział 5 poświęcony naturze obiektów mentalnych).

Pozwoliłem sobie (w dużym stopniu arbitralnie) podzielić struktury asocjacyjne na struktury niższego i wyższego rzędu. Powstawanie struktur asocjacyjnych niższego rzędu przed-

stawia schematycznie ryc. 8. Widzimy tam, iż wielokrotna koincydencja w czasie uaktywnienia neuronów i szlaków nerwowych odpowiadających różnym cechom złożonym „wyekstrahowanym” w wyniku obróbki sygnałów od receptorów przez struktury integracyjne prowadzi do „udrożnienia” wzajemnych połączeń neuronalnych pomiędzy tymi szlakami, które początkowo mogły funkcjonować w dużym stopniu niezależnie. „Nieudrożnione” połączenia nerwowe mogą oznaczać małą liczbę połączeń synaptycznych (lub nawet ich kompletny brak) oraz/albo wysoki próg pobudliwości synaps. Udrożnienie funkcjonalnych połączeń pomiędzy różnymi szlakami nerwowymi w sieci neuronalnej polegałoby więc na utworzeniu nowych synaps i/lub na zwiększeniu wagi (obniżeniu progu pobudliwości) istniejących połączeń synaptycznych. Opisałem już, jak to się może stać, przy okazji omawiania cech pojedynczego neuronu, a w szczególności jego możliwości uczenia się. Wysoce udrożnione połączenia „kojarzące” rozmaite złożone cechy (aspekty) w jedną całość tworzą w obrębie sieci neuronalnej pewien obiekt, właśnie strukturę asocjacyjną niższego rzędu, odpowiadającą (mogącą odpowiadać) jakiemuś obiektowi (przedmiotowi), faktowi czy aspektowi rzeczywistości. Jeśli już taka struktura asocjacyjna powstanie, to niepotrzebna jest koincydencja uaktywnienia w sieci neuronalnej przez dane zmysłowe **wszystkich** cech złożonych składających się na dany obiekt, aby z kolei uaktywnić odpowiadającą mu strukturę asocjacyjną. Wprost przeciwnie – już słabe i fragmentaryczne pobudzenie **niektórych** neuronalnych wejść danej struktury spowoduje uaktywnienie, „odtworzenie” jej całej (oczywiście – poprzez przepuszczenie przez tworzące ją neurony licznych i intensywnych sygnałów nerwowych), łącznie z tymi cechami, aspektami i fragmentami, które akurat nie są w danej chwili bezpośrednio uaktywniane przez dane zmysłowe. Na przykład z bardzo fragmentarycznego obrazu kota przemykającego przez wysokie trawy „odbudowujemy” całego kota, a rzenie konia znajdującego się poza polem widzenia przywodzi na myśl całego konia. Zresztą do mglistego przywołania obrazu kota lub konia nie są nam w ogóle potrzebne bieżące wrażenia zmysłowe – robi-



Ryc. 9. Ideowy schemat formowania się struktur asocjacyjnych wyższego rzędu. Wielokrotna koincydencja czasowa i sytuacyjna uaktywnienia (np. w wyniku procesów myślenia) zespołu struktur asocjacyjnych niższego rzędu prowadzi do ich skojarzenia i utworzenia struktury asocjacyjnej wyższego rzędu, będącej autonomicznym „obiektem” neuronalnym na najwyższym poziomie hierarchii.

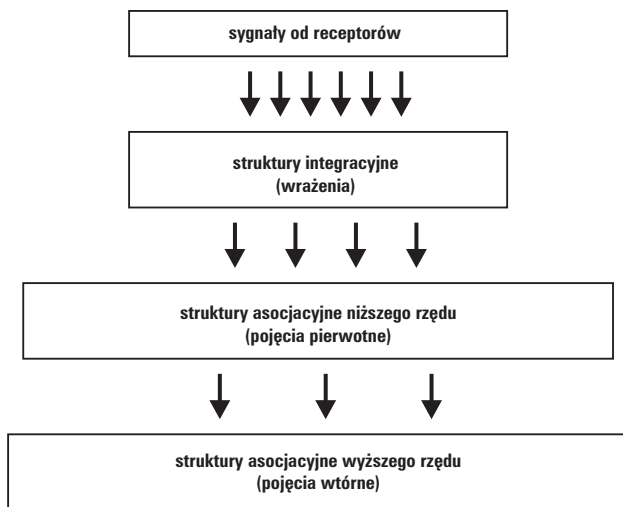
my to w myślach, wyobrażeniach, snach, halucynacjach, a także w rozumieniu semantycznym pojęć „kot” i „koń”.

O ile struktury asocjacyjne niższego rzędu związane są raczej z konkretnymi, namacalnymi obiektami, zdarzeniami, cechami i aspektami świata zewnętrznego, to struktury asocjacyjne wyższego rzędu odnoszą się do ogólnych kategorii, praw, reguł i zależności. Te ostatnie tworzą się nie tylko w wyniku czasowo-kontekstowo-sytuacyjnej koincydencji rozmaitych struktur asocjacyjnych niższego rzędu, ale przede wszystkim jako rezultat w dużym stopniu autonomicznych procesów myślowych, kojarzących rozmaite „obiekty” neuronalne zgodnie ze swoją własną logiką, uwarunkowaną już to genetycznie, już to przez doświadczenia nabyte w trakcie rozwoju osobniczego. Struktury asocjacyjne wyższego rzędu mogą na przykład powstawać poprzez wyłapywanie powtarzających się wzorców w strukturach asocjacyjnych niższego

rzędu. Ich forma stanowi zatem w mniejszym stopniu pochodną opracowanych przez struktury integracyjne sygnałów od receptorów, w większym zaś – wbudowanych (lub wyuczonych) mechanizmów neurofizjologicznych, mających w dużym stopniu arbitralny charakter (fakt ten stanie się istotny, kiedy będę omawiał stopień przystawalności naszego obrazu świata do świata realnego w swej immanencji).

Tworzenie się struktur asocjacyjnych wyższego rzędu przedstawia schematycznie ryc. 9. Jak widzimy, generalnie proces ten jest podobny do powstawania struktur asocjacyjnych niższego rzędu: także tutaj udrożnienie połączeń neuronalnych (tym razem pomiędzy różnymi strukturami integracyjnymi niższego rzędu) prowadzi do utworzenia w obrębie sieci nerwowej obiektu będącego w pewnym sensie zarazem sumą, pochodną i wypadkową jego elementów składowych. Główną różnicą jest to, iż teraz znajdujemy się na najwyższym stopniu w hierarchii złożoności i abstrakcji, znacznie dalej od „naoczności” i konkretności wrażeń zmysłowych. Automatyczna integracja i asocjacja została tutaj zastąpiona przez aktywne i samoistne kojarzenie. Struktury asocjacyjne wyższego rzędu mają najwięcej wspólnego z pamięcią semantyczną (w przypadku struktur asocjacyjnych niższego rzędu większy był udział pamięci epizodycznej), one też stanowią przede wszystkim punkt odniesienia dla procesów planowania i podejmowania decyzji, zachodzących w korze przedczołowej – siedlisku pamięci operacyjnej. W istocie zaryzykowałbym twierdzenie, że procesy myślowe to nic innego jak uaktywnianie już istniejących struktur asocjacyjnych wyższego rzędu, ich modyfikacja oraz tworzenie nowych struktur asocjacyjnych wyższego rzędu.

Rycina 10 rekapitułuje bardzo skrótowo wszystko to, co powiedziano wyżej na temat integracji i asocjacji danych pochodzących od narządów zmysłów przez sieć neuronalną w ludzkim mózgu. Sygnały od receptorów, nie posiadające na początku żadnego subiektywnego znaczenia lub wagi, zostają zinterpretowane i zintegrowane w wielu etapach przez hierarchicznie zorganizowane struktury integracyjne, wyławiające z aktualnego wzorca pobudzeń komórek receptoro-



Ryc. 10. Schematyczne przedstawienie sekwencyjnego organizowania („interpretacji”) sygnałów od receptorów poprzez struktury integracyjne oraz struktury asocjacyjne niższego i wyższego rzędu, z zaznaczeniem obiektów mentalnych odpowiadających tym strukturom, odpowiednio: wrażeń, pojęć pierwotnych i pojęć wtórnych. Rycina ma uświadomić, że bodźce zmysłowe nie tylko mogą kształtować struktury w sieci nerwowej, ale same są zwrócone przez te struktury interpretowane.

wych cechy i aspekty uznane przez ewolucję za ważne dla przeżycia i sukcesu reprodukcyjnego naszych przodków. W ten właśnie sposób formowane są – o czym będzie mowa dalej – wrażenia (rozumiane jako subiektywne obiekty mentalne), chociaż, moim zdaniem, do rozumienia wrażeń niezbędne są struktury asocjacyjne. Struktury asocjacyjne niższego rzędu tworzą się poprzez skojarzenie występujących razem w czasie i przestrzeni złożonych cech i aspektów składających się na obrazy sensoryczne tworzone przez struktury integracyjne. W sferze psychicznej odpowiadają im (znowu wybiegam tu naprzód) pojęcia pierwotne, dotyczące konkretnych, jednostkowych i namacalnych obiektów, faktów, cech i aspektów świata. Na bazie struktur asocjacyjnych niższego rzędu budowane są, głównie w wyniku autonomicznych procesów myślowych obdarzonych samoistną

i spontaniczną dynamiką, struktury asocjacyjne wyższego rzędu, których subiektywnym korelatem są pojęcia wtórne, odnoszące się do ogólnych i abstrakcyjnych bytów, kategorii, praw i zależności. W ten sposób, podążając za osią przewodnią niniejszej książki, zaczęliśmy przerzucać most pomiędzy procesami i funkcjonalnymi strukturami neurofizjologicznymi z jednej strony, a subiektywnymi fenomenami psychicznymi – z drugiej, zatrzymując się na razie w połowie drogi. W rozdziale 5, poświęconym naturze obiektów mentalnych, powrócimy do naszej budowy, zaczynając ją wszakże od drugiego brzegu, czyli od tych właśnie obiektów. W końcu, w rozdziale 6, mówiącym o istocie (samo)świadomości, obie części połączone zostaną zwornikiem – pokuszę się tam o pokazanie, jak pewien konkretny rodzaj złożoności dotyczący sposobu funkcjonowania sieci neuronalnej mógł doprowadzić do wyłonienia się subiektywnej sfery naszych odczuć, a więc do powstania trzeciego (po fizycznym i biologicznym), psychicznego poziomu rzeczywistości.

Generalnie rzecz biorąc, struktury integracyjne i asocjacyjne współtworzą **aparat poznawczy** ludzkiego mózgu, w obrębie którego zostaje uformowany pewien (rozumiany instrumentalnie i operacyjnie) obraz, odwzorowanie, reprezentacja (pewnych aspektów) świata zewnętrznego. Rolą nazwanego aparatu poznawczego jest, z jednej strony, wykorzystanie już posiadanego obrazu świata do interpretacji i rozumienia złożonych kombinacji danych zmysłowych napływających na bieżąco od receptorów, z drugiej zaś strony – użycie tych danych do rozbudowy i modyfikacji istniejącego obrazu świata. Służy to ostatecznie planowaniu przyszłych działań, rozwiązywaniu rozmaitych, aktualnie napotkanych w konfrontacji ze środowiskiem lub też samemu sobie postawionych problemów, przewidywaniu mających nastąpić w otoczeniu zdarzeń, a więc realizacji szeroko rozumianych procesów myślowych. Nasza nauka i filozofia rozwinęły się jako przedłużenie i sublimacja tych biologicznie (ewolucyjnie) wykształconych funkcji.

Cel posiadania i wykorzystywania obrazu świata, łącznie ze znajomością znajdujących się w nim obiektów, rządzą-

cych nim reguł i prawidłowości wydaje się tu jasny – żeby podejmować decyzje, planować przyszłe działania i rozwiązywać (bieżące lub oczekiwane) problemy, trzeba umieć uwzględniać i antycypować cechy obiektywnej rzeczywistości, mające w niej miejsce związki przestrzenno-czasowo-przyczynowe; trzeba, na przykład, przewidzieć, co może się znajdować za tym konkretnym wzgórzem, jak zachowa się napotkany drapieżnik czy ofiara, jakich korzyści i zagrożeń można się spodziewać po nadchodzącym deszczu lub zbliżającej się zimie, który partner płciowy zapewni największą żywotność wspólnego potomstwa i tak dalej. Aby to osiągnąć, aparat poznawczy musi mieć obraz świata (utworzony w trakcie ewolucji biologicznej i/lub rozwoju osobniczego), w którym znajdują odzwierciedlenie te właśnie, istotne z punktu widzenia przeżycia i sukcesu reprodukcyjnego (rozprzestrzenienia swych genów) aspekty świata, a także na bieżąco rzeczonym obrazem dysponować. Tak wysoce zorganizowanej istocie jak człowiek nie wystarcza już „obraz świata” będący w dyspozycji pojedynczej komórki nerwowej ukwiała, która rozpoznaje jeden tylko aspekt świata (obecność czegoś dużego, powodującą mechaniczne podrażnienie) i ma w odpowiedzi przygotowany „repertuar odpowiedzi” w postaci jednej tylko reakcji (skurczu ciała). To właśnie ogromna złożoność sieci neuronalnej w mózgu człowieka pozwala nam na uwzględnianie tak niewiarygodnej różnorodności poszczególnych aspektów rzeczywistości i adekwatne na nią reagowanie.

Niżej spróbuję pokrótce prześledzić, jak przebiegała ewolucja sieci neuronalnych (układów nerwowych) i utworzonych w ich obrębie obrazów świata na drodze wiodącej od pojedynczego neuronu ukwiała do obdarzonego (samo)świadomością ludzkiego mózgu. Zanim to jednak uczynię, muszę wyraźnie podkreślić, iż sieci neuronalne w żadnym wypadku nie mają monopolu na odzwierciedlanie w obrębie struktury i funkcji organizmów biologicznych pewnych cech (aspektów) świata zewnętrznego, w celu adekwatnego do sytuacji reagowania na te aspekty. Każda bowiem celowa (ukształtowana przez ewolucję biologiczną w celu maksy-

lizacji szans na przeżycie i reprodukcję) właściwość ustrojów żywych musi uwzględniać realia obiektywnej rzeczywistości (jej aspekty czysto fizyczne, a także inne organizmy), w tym fakt biologicznej natury budulca tychże ustrojów. Dotyczy to w pierwszym rzędzie rozmaitych sieci mechanizmów regulacyjnych na różnych poziomach hierarchii funkcjonowania systemów biologicznych, na przykład sieci biochemicznej, genetycznej lub hormonalnej. Żeby nie być gołosłownym, podam kilka przykładów. Stężenie różnych aminokwasów, niezbędnych do syntezy białek oraz do innych procesów metabolicznych, może ulegać zmianie w zewnętrznym środowisku danej komórki. Także zapotrzebowanie na poszczególne aminokwasy nie jest stałe w czasie, lecz zależy od aktualnego stanu metabolicznego. Wynika stąd konieczność rozpoczęcia syntezy aminokwasów w komórce z innych związków organicznych, kiedy ich dostawa z zewnątrz nie zaspokaja bieżących potrzeb, i zaprzestania tej syntezy, kiedy panuje relatywnie duża dostępność danego aminokwasu. Sieć metaboliczna (składająca się ze szlaków i cykli metabolicznych) w komórce wyposażona jest w odpowiednie mechanizmy regulacyjne, pozwalające jej radzić sobie z tym problemem. Mianowicie, pierwszy enzym na drodze metabolicznej prowadzącej do produkcji danego aminokwasu ulega hamowaniu (inhibicji) przez wysokie stężenie tego aminokwasu, podczas gdy niskie stężenie odblokowuje enzym i prowadzi do wzrostu jego aktywności. Mechanizm ten, zwany sprzężeniem zwrotnym ujemnym, pozwala, bez względu na wahania dostępności aminokwasu w otoczeniu, utrzymać stężenie tego aminokwasu na zadanym poziomie oraz zaspokoić bieżące nań zapotrzebowanie. Takich „inteligentnych” mechanizmów regulacyjnych kompensujących potencjalne wahania warunków zewnętrznych i zakłócenia pochodzące zarówno ze środowiska, jak i z wnętrza organizmu (jego aktualnego stanu i związanych z nim potrzeb) można znaleźć znacznie więcej w sieci reakcji enzymatycznych składających się na metabolizm komórki.

Imponująca ich liczba jest także obecna na poziomie genetycznym, w sieci mechanizmów sterujących odczytem i in-



terpretacją informacji genetycznej (sprowadzających się do czasowo-przestrzennego wzorca intensywności produkcji rozmaitych białek w poszczególnych komórkach i tkankach). U bakterii sztandarowym przykładem jest działalność tak zwanego operonu laktozowego (istnieje wiele innych operonów, ale laktozowy odkryty został jako pierwszy). Przy braku w otoczeniu cukru laktozy białko zwane represorem hamuje syntezę trzech enzymów odpowiedzialnych za rozkład laktozy – produkcja enzymów, dla których nie ma aktualnie nic do roboty, byłaby zwykłym marnotrawstwem energetycznym i materiałowym. Kiedy laktoza się pojawi, a brak jest glukozy (innego, bardziej powszechnego i lepiej przyswajalnego cukru), cząsteczka laktozy wiąże się z represorem i tym samym go dezaktywuje, co prowadzi do odblokowania syntezy enzymów należących do szlaku metabolizmu laktozy (transkrypcji kodującego fragmentu operonu na odcinek mRNA zawierający kopie genów tych enzymów, a następnie translacji sekwencji nukleotydów w mRNA na sekwencję aminokwasów w odpowiednich białkach). Dzięki dostępności alternatywnego (wobec na przykład glukozy) źródła energii (i budulca) komórka bakteryjna może dalej rosnąć i produkować (w wyniku podziałów) komórki potomne. Ten mechanizm regulacyjny ma więc także swój jasno sprecyzowany cel, którego realizacja odbywa się w sekwencji zdarzeń: bodziec (obecność laktozy) – percepcja (związanie z represorem) – przetworzenie (odblokowanie operonu laktozowego w miejscu wiązania represora) – reakcja (synteza odpowiednich enzymów i rozkład laktozy), z punktu widzenia formalnego analogicznej do sekwencji przetwarzania informacji przez układ nerwowy (w szczególności w najprostszymi przypadkach, takich jak pojedynczy neuron ukwiała).

Adekwatne sieci mechanizmów regulacyjnych, które z konieczności muszą stanowić jakieś operacyjne, instrumentalne odbicie cech fizycznej rzeczywistości, istnieją także na poziomie fizjologicznym. Za przykład może tu posłużyć sieć regulacji hormonalnej. W zależności od tego, czy jesteśmy akurat po obfitym posiłku, czy też przez długi czas nie mieliśmy nic w ustach (co istotnie zależy, przynajmniej u zwie-

rząt, od aktualnej zasobności środowiska w pokarm), w naszej krwi znajduje się albo nadmiar glukozy, której poziom trzeba obniżyć, by nie dopuścić do śpiączki cukrzycowej, albo jej niedobór – wówczas konieczne staje się podniesienie jej poziomu, na przykład poprzez uruchomienie zapasów glikogenu, tak by zaspokoić zapotrzebowanie energetyczne rozmaitych narządów. Zadanie utrzymywania poziomu glukozy we krwi w zadanych granicach spełniane jest przez parę antagonistycznych hormonów: insulinę i glukagon, z których pierwszy stężenie cukru obniża, drugi zaś podwyższa.

Swoistego „odbicia” właściwości świata zewnętrznego niekoniecznie zresztą szukać trzeba w mechanizmach regulacyjnych wbudowanych w sieci procesów biochemicznych, genetycznych czy fizjologicznych. Już na przykład kształt wnętrza katalitycznej enzymu stanowi reprezentację przestrzennej struktury substratu. *De facto*, w pewnym istotnym (funkcjonalnym) sensie centrum aktywne enzymu (ukształtowane w trakcie ewolucji biologicznej) ciągle „wie” więcej o przestrzennym rozkładzie gęstości elektronowej w cząsteczce substratu niż my, razem z całą naszą matematyką, kwantową fizyką i chemią. Aby nie przedłużać tematu, podsumuję te rozważania stwierdzeniem, iż praktycznie każdy celowy (z ewolucyjnego punktu widzenia) aspekt struktury i funkcji organizmów żywych stanowi w jakiejś mierze odbicie pewnych cech świata zewnętrznego. Sieci neuronalne nie są tu więc jakimś wyjątkiem.

Z drugiej strony należy przypomnieć, że jedynie w obrębie sieci neuronalnych wytworzony został obraz świata zewnętrznego charakteryzujący się tak ogromnym, znanym nam z introspekcji, bogactwem i złożonością. Jedynie tutaj struktura rzeczowego obrazu jest tego rodzaju, iż pasuje on jakościowo do naszych subiektywnych doświadczeń (trudno sobie wyobrazić przeżycia psychiczne, których podmiotem byłaby na przykład sieć biochemiczna lub hormonalna). Dlatego też, w dalszej części tego rozdziału, śledząc ewolucję obrazu świata u organizmów żywych w kontekście późniejszego powstania samoświadomości własnego istnienia tego obrazu (czyli jego projekcji w samego siebie, o czym mówię

w jednym z następujących rozdziałów), ograniczę się jedynie do sieci neuronalnych.

Powtórzmy raz jeszcze: obraz świata zewnętrznego utworzony w toku ewolucji biologicznej i rozwoju osobniczego to jedynie instrumentalnie, operacyjnie sprawna reprezentacja obiektów, cech i praw tego świata istotnych dla przeżycia organizmu i rozprzestrzenienia jego genów. Sieć połączeń komórek nerwowych w pewnym sensie „opłata” fakty (aspekty) tego świata, tak jak sieć pajęczą opłacać może powierzchnię kamiennej rzeźby (tę nośną metaforę szerzej wykorzystuję nieco później). To, co może ulegać ewolucji, to różnorodność i rozdzielczość rozmaitych czynnościowych podzespołów tejże sieci, determinująca liczbę aspektów świata, które mogą zostać odwzorowane, oraz dokładność (adekwatność) tego odwzorowania. Zarówno różnorodność, jak i rozdzielczość wzrastały wraz z komplikowaniem się i wzrostem złożoności samego systemu nerwowego oraz obsługiwanego przezeń kompleksu receptorów i efektorów. Zobaczmy, jak zmieniały się one w trakcie ewolucji biologicznej świata zwierząt wielokomórkowych.

Zacznijmy od naszego ukwiała, którego „układ nerwowy” zawiera jedną tylko komórkę neuropodobną. Wskutek pobudzenia receptora dotyku powoduje ona skurcz komórek mięśniopodobnych (nabłonkowomięśniowych) rozciągających się wzdłuż osi ciała, a w konsekwencji skurcz całego ciała. Czy „sieć neuronalna” tego ukwiała stanowi już jakiś obraz świata zewnętrznego? Rozumiemy doskonale, co to znaczy, że w naszym umyśle (a więc i mózgu) znajduje się obraz obiektu materialnego ze świata zewnętrznego – na przykład czerwonej róży, lub też odbicie pewnej właściwości, na przykład tego, że ogień parzy. Czy system: receptor-neuron-efektor ukwiała stanowi reprezentację jakiejś cechy czy aspektu obiektywnej rzeczywistości? Ależ oczywiście! Znaczenie jego działania jest następujące: „jeśli coś cię silnie pobudzi mechanicznie, istnieje duże prawdopodobieństwo, że jest to drapieżnik, a więc czym prędzej wciągnij ciało, by uniknąć bycia zjedzonym”. Mamy więc tu do czynienia z wpisaniem w funkcjonalną „strukturę” „układu nerwowego” naszego ukwiała

(aczkolwiek w skrajnie uproszczony sposób) obiektu ze świata zewnętrznego – drapieżnika oraz płynących z jego strony zagrożeń. Przecież na bodziec mechaniczny mógłby on zareagować zupełnie inaczej, na przykład uwolnieniem komórek płciowych lub nawet wyciągnięciem ciała w kierunku drapieżnika! Nie czyni jednak tego, bo reakcja taka byłaby oczywiście biologicznie szkodliwa – spowodowałaby wyeliminowanie ukwiała i jego genów. A zatem ukwiał w jakiś sposób „wie”, czego można się spodziewać po drapieżniku i wykazuje adekwatną do tego odpowiedź behawioralną. Posiada wobec tego w swojej „sieci neuronalnej” pewną szcztątkową formę pojęcia „drapieżnik”. Jak będę argumentował poniżej, wszystkie, najbardziej nawet skomplikowane i abstrakcyjne pojęcia w naszym mózgu (reprezentujące już to realne aspekty świata, już to obiekty urojone, jak anioły czy centaury) wywodzą się od niesłychanie prymitywnych zaczątków pojęć, w rodzaju tego zaprezentowanego przed chwilą. Wszystkie te pojęcia mają bowiem charakter instrumentalny i służą, w ostatecznej instancji, właściwemu przełożeniu danych zmysłowych na zachowanie się zwierzęcia.

Znaczenie funkcjonalne jedynej komórki nerwowej ukwiała (podkreślam – nie wszystkie ukwiały posiadają tylko jedną komórkę nerwową) jest oczywiście ściśle zdeterminowane (łącznie z jej progiem pobudliwości) przez „kontekst semantyczny” tej komórki, a więc to, z jakim receptorem i efektorom jest połączona. W sieciach nerwowych zawierających wiele neuronów, receptorów i efektorów, odpowiedni kontekst znaczeniowy dla danej komórki nerwowej tworzą wszystkie neurony wraz ze wszystkimi receptorami i efektorami (w takich sieciach, oczywiście, obraz świata jest już trochę bardziej rozbudowany). Oznacza to, omówione powyżej, funkcjonalne znaczenie neuronów przez konotację, a więc operacyjne odniesienie jednych neuronów w stosunku do innych neuronów, a także do receptorów i efektorów, które w ostatecznej instancji determinują cel i sens całego układu nerwowego.

Stopień komplikacji układu receptory – sieć neuronalna – efekторы (będącego nośnikiem obrazu świata) przeszedł

oczywiście w ewolucji biologicznej daleką drogę od etapu ukwiała wyposażonego w jedną tylko komórkę neuropodobną. U większości jamochłonów (najprymitywniejszych zwierząt tkankowych w ogóle posiadających komórki nerwowe, do których należą ukwiały) obecny jest nie jeden neuron, lecz luźna sieć nielicznych równouprawnionych komórek neuropodobnych, prawie równomiernie rozmieszczonych w ścianie ciała. Wspomniałem wcześniej, iż w przeciwieństwie do definitywnych neuronów mogą one przewodzić bodźce we wszystkich kierunkach. Mimo bardzo niskiej pozycji systematycznej i prymitywnego planu budowy jamochłony mają już dosyć szerokie spektrum komórek receptorowych, czułych na bodźce mechaniczne (dotyk), chemiczne (węch) i wzrokowe; posiadają także zmysł równowagi (statocysty). Jednakże w większości przypadków komórki receptorowe są tu albo niezorganizowane w jakiegokolwiek narządzie zmysłów (pozostają równomiernie rozrzucone po powierzchni ciała), albo też te narządy charakteryzują się bardzo prostą strukturą. Także sama budowa komórek receptorowych charakteryzuje się dużym stopniem prymitywizmu, na przykład komórki czuciowe posiadają wypustki, którymi same, w razie pobudzenia, przewodzą impulsy do komórek nerwowych. Podobnie sprawa wygląda w przypadku efektorów – są to głównie komórki nabłonkowomięśniowe, będące, jak sugeruje nazwa, połączeniem komórek nabłonkowych z komórkami mięśniowymi.

U wolno żyjących robaków płaskich (wirków) luźna sieć komórek nerwowych obejmująca całe ciało ulega lokalnemu skupieniu w prymitywne pnie i zwoje. Obłeńce charakteryzują się już bardziej posuniętą koncentracją komórek nerwowych. U pierścienic układ nerwowy ma postać drabinki, w której od zwojów głowowych połączonych obrączką okołogardzielową odchodzą dwa pnie, na których w każdym segmencie ciała znajdują się zwoje połączone poprzeczką (tak zwaną komisurą). U potomków pierścienic – stawonogów (skorupiaków, owadów, pajęczaków) – ma miejsce postępująca koncentracja zwojów drabinki i zlewanie się ich (towarzyszące zlewaniu się segmentów ciała) w coraz to większe

skupiska komórek nerwowych. U owadów obecny jest skomplikowany narząd wzroku w postaci oczu złożonych. Głownogi (najwyżej rozwinięta grupa mięczaków) mają tak dalece posuniętą koncentrację zwojów w okolicy głowowej, że tworzy się u nich „mózg”. Jest on osłonięty czymś w rodzaju chrzęstnej „czaszki” i posiada złożoną wewnętrzną strukturę, tak że można w nim wyróżnić poszczególne centra, na przykład grupy komórek odpowiedzialne na zamykanie przyssawek. Głownogi posiadają także oko o budowie bardzo zbliżonej do oka kręgowców. U strunowców (do których należą kręgowce) można prześledzić najrozmaitsze etapy ewolucji mózgu, od rozszerzenia przedniego końca cewki nerwowej aż do mózgu człowieka. Także receptory ewoluowały tu od pojedynczych, beładnie rozrzuconych po ciele komórek do tak skomplikowanych układów, jak wzrok ptaków i naczelnych czy słuch nietoperzy (stanowiący element ich systemu echolokacji).

Szczegółowe omówienie ewolucji anatomicznej budowy układu nerwowego (a także receptorów i efektorów) niewiele by jednak wniosło do zrozumienia wzrostu złożoności utworzonego w obrębie sieci neuronalnej obrazu świata. Dlatego też nie będę powyższego opisu kontynuował, podam jedynie ogólne trendy tej ewolucji. Po pierwsze, był to wzrost ilościowy systemu, a więc po prostu zwiększenie się liczby komórek nerwowych składających się na układ nerwowy (wzrastała też specjalizacja i sprawność funkcjonalna tych komórek). Po drugie, następowała koncentracja poszczególnych neuronów w pnie i zwoje, a w końcu w mózgu. Po trzecie wreszcie, w obrębie mózgu różnicowały się rozmaite obszary pełniące odrębne zadania, a względnemu zwiększaniu się ulegały jego obszary odpowiedzialne za funkcje poznawcze i decyzyjne (widać to szczególnie w ewolucji ssaków, naczelnych i człowieka).

Co do ewolucji receptorów, to miał miejsce stopniowy wzrost ilości, różnorodności, czułości, rozdzielczości i skomplikowania narządów zmysłów (w wymiarze czysto anatomicznym ewolucja postępowiała od pojedynczych komórek do skomplikowanych struktur). Zespół efektorów, a więc



przede wszystkim układ mięśniowy, ulegał różnicowaniu się od etapu równomiernie rozrzuconych włókien u jamochłonów, a potem jednolitego wora skórno-mięśniowego u robaków. Wór ten, stanowiący do pewnego stopnia jeden wielki mięsień zorientowany wzdłuż osi ciała (czasem zawierał on także włókna okrężne), w trakcie ewolucji „rozpadał się” na grupy mięśni i pojedyncze mięśnie obsługujące poszczególne segmenty ciała, kończyny, głowę, aparat gębowy i tak dalej, przy czym mięśnie zorientowane były w rozmaitych, adekwatnych do wykonywanych zadań kierunkach (oczywiście ewolucja układu mięśni przebiegała równoległe z ewolucją szkieletu). Im bardziej skomplikowany i „rozmieniony na drobne” był układ motoryczny (mięśnie, elementy szkieletu), tym zdolniejszy był do wykonywania bardziej subtelnych operacji ruchowych, czego jednym z najlepszych przykładów jest ludzka ręka.

Jak już wspomniałem, rozwój systemu receptorów oraz układu nerwowego nie miałby najmniejszego sensu bez odpowiedniego rozwoju systemu efektorów. A zatem wszystkie trzy w kluczowy sposób warunkują rozbudowę posiadanego przez dany organizm obrazu świata. Nie zapominajmy, iż opisane w tym rozdziale struktury integracyjne i asocjacyjne, które się w głównej mierze na ów obraz składają, mają w ostatecznej instancji za zadanie przełożenie danych z otoczenia na zachowanie się zwierzęcia, jakkolwiek złożony, upośredniony i niezdeterminowany ten przekład by nie był. A jednak, moim zdaniem, to właśnie powstała z czysto biologicznych (instrumentalnych) powodów reprezentacja świata zewnętrznego w sieci neuronalnej w ludzkim mózgu stanowi zawartość naszej świadomości oraz całkowicie wyznacza, determinuje i ogranicza możliwości poznawcze człowieka. Powiem o tym w kolejnych rozdziałach, gdzie ewolucję obrazu świata prześledzimy bardziej szczegółowo niż dotychczas, z punktu widzenia „drugiej strony medalu” procesów neurofizjologicznych – subiektywnych zjawisk psychicznych.

## POPĘDY, EMOCJE, WOLNA WOLA

Do czego tak naprawdę służy, z biologicznego punktu widzenia, mózg, lub – szerzej – układ nerwowy? Oczywiście, podobnie jak w przypadku wszystkich narządów i funkcji organizmów żywych, odpowiedź jest jedna – chodzi o maksymalizację szans na przeżycie i pozostawienie potomstwa. Jedyną „celowość” czy „sensowność” narzuca organizmom biologicznym dobór naturalny – to pod dyktando tego podstawowego mechanizmu ewolucji odbywa się wartościowanie rozmaitych przystosowań, to on stanowi bezapelacyjny punkt odniesienia dla oceny sprawności radzenia sobie przez poszczególne ustroje żywe w ich środowisku. Funkcją mózgu danego organizmu jest wywołanie takiego behawioru tego organizmu, aby zaspokoić oczekiwania jego samolubnych genów, czyli dążność do powielenia się w możliwie dużej liczbie kopii<sup>11</sup>.

W jaki sposób geny potrafią wymusić takie funkcjonowanie mózgu? Przecież (o czym była już mowa powyżej) u człowieka i wyższych zwierząt ogromna część szczegółowego

<sup>11</sup> W istocie uważam (i omawiam to zagadnienie w książce *Trzy ewolucje*), iż podmiotem ewolucji nie są „gołe” geny, jak proponuje Dawkins, lecz układy samopowielające się, złożone – w najprostszym przypadku – z kwasów nukleinowych i białek. Ponieważ jednak ewolucja biologiczna nie jest głównym tematem tej książki, będę tu używał powszechnie znanej metafory „samolubnego genu”.

schematu połączeń synaptycznych w mózgu nie jest wrodzona, lecz zostaje nabyta podczas rozwoju osobniczego, w miarę uczenia się i gromadzenia doświadczeń. Co więc powoduje, iż sieć neuronalna w trakcie rozwoju osobniczego rozwija się w biologicznie „poprawnym”, a nie całkowicie przypadkowym kierunku? Odpowiedź na to pytanie brzmi: wrodzone popędy (wyrażające się w postaci pewnych mechanizmów neurofizjologicznych) oraz obecny w mózgu system nagrody/kary. To one gwarantują, iż formowane struktury asocjacyjne wytworzą w mózgu możliwie najbardziej adekwatny do rzeczywistości (co tu oznacza: najbardziej sprawny instrumentalnie) obraz świata zewnętrznego oraz system reakcji behawioralnych prowadzących do przeżycia, zdobycia pożywienia oraz sukcesu reprodukcyjnego.

Główny cel każdego zespołu genów – powielić się w możliwie dużej liczbie kopii – jest zbyt ogólny i abstrakcyjny jako wiodąca dyrektywa dla rozwoju sieci neuronalnej w mózgu podczas rozwoju osobniczego. Dlatego też cel ten został (w trakcie biologicznej ewolucji mózgu) podzielony na szereg „podcelów”, do których możemy zaliczyć: (i) uniknięcie zagłady (np. zabicia przez drapieżniki), (ii) zdobycie pożywienia, (iii) odnalezienie partnera płciowego i doprowadzenie do rozrodu, (iv) poznanie zarówno szczegółowych cech otoczenia, w którym dany osobnik żyje, jak i ogólnych cech i reguł rządzących światem zewnętrznym (jest to przydatne przy realizowaniu pozostałych podcelów), (v) zapewnienie potomstwu opieki, pożywienia i odpowiedniej nauki, (vi) uniknięcie chorób i zranień, obniżających kondycję zwierzęcia, i tak dalej. Za realizację tych podcelów przez mózg (a więc, wcześniej, za kontrolę wykształcenia w trakcie rozwoju osobniczego odpowiednich wzorców połączeń synaptycznych) odpowiedzialne są poszczególne (szeroko rozumiane) **popędy**, odpowiednio: popęd samozachowawczy, zaspokojenia głodu, płciowy, poznawczy, instynkt rodzicielski, skłonność do unikania chorób i zranień... Oczywiście, powyższa lista popędów nie jest pełna, granice pomiędzy nimi nie są idealnie ostre, a więc same popędy zostały wyróżnione w sposób nieco arbitralny. Szczególne miejsce zajmu-

je tu popęd poznawczy, którego głównym celem zdaje się być realizacja pozostałych popędów (oczywiście u zwierząt; u człowieka został on w dużej mierze wysublimowany jako „czysta” ciekawość świata, zainteresowania naukowe, filozofia i tak dalej), a który jest istotny dla naszych rozważań, dlatego też jeszcze do niego niejednokrotnie powrócę.

Popędy to wrodzone mechanizmy neurofizjologiczne wraz z leżącymi u ich podstawy odpowiednimi strukturami neuronalnymi, które stanowią punkt odniesienia zarówno dla poczynań zwierzęcia, jak i dla rozwoju odpowiedzialnych za behavior struktur asocjacyjnych w jego mózgu. Popęd zaspokajania głodu jest „usatysfakcjonowany” wówczas, gdy receptor stężenia glukozy we krwi rejestruje jej wysoki poziom, a odpowiednie receptory mechaniczne w ściankach żołądka wyczuwają nacisk spowodowany obecnością pokarmu. Usatysfakcjonowanie owo oznacza odpowiednie pobudzenie obwodów neuronalnych związanych z tym popędem, o czym następnie jest informowany... ale o tym za chwilę. Popęd samozachowawczy nie jest zaspokojony w obliczu bezpośredniej bliskości drapieżnika – wtedy w stan alarmu postawione są funkcjonalne ośrodki w mózgu związane z tym popędem. Zaspokojenie popędu płciowego wiąże się oczywiście z odbyciem aktu płciowego, a zaspokojenie „popędu” unikania chorób i zranień polega na unikaniu sytuacji, w których może dojść do infekcji jakimś pasożytem, zatrucia toksycznym pokarmem (np. trującymi roślinami) lub po prostu do zranienia. Popęd poznawczy wiąże się ze spontaniczną aktywnością mózgu ukierunkowaną na tworzenie nowych zapisów pamięciowych, czyli rozbudowę systemu struktur asocjacyjnych. Aby go rozładować, potrzebne jest nagromadzenie dziennej porcji nowych doświadczeń, przy czym owa porcja jest względnie największa w młodym wieku, kiedy procesy uczenia się zachodzą najszybciej (stąd między innymi bierze się skłonność do zabaw). Jak już wspomniałem, zaspokojenie (lub brak zaspokojenia) każdego z popędów na poziomie neurofizjologicznym znajduje odbicie w aktywacji (wrodzonej) funkcjonalnej struktury połączeń (lub braku owej aktywacji) w sieci neuronalnej leżącej u pod-

stawy danego popędu. O tym, czy dany popęd został zaspokojony, czy też nie, informują oczywiście (po ich uprzednim przetworzeniu) dane zmysłowe pochodzące od receptorów.

Poszczególne „neuronalne struktury popędowe” informują o swoim pobudzeniu lub jego braku centralny „czynnik wartościujący” w mózgu – system nagrody/kary<sup>12</sup> (ang. *reward system*)<sup>13</sup>. Działa on, jak sama nazwa wskazuje, na zasadzie kija i marchewki, powstaje jednak zasadnicze pytanie, co jest owym osłem, którego zachowaniem kij i marchewka miałyby sterować. Odpowiedź wydaje się (moim zdaniem) prosta: analogię zachowania się osła stanowi tu tworzenie takich a nie innych struktur asocjacyjnych. Termin „struktury asocjacyjne” wzbogaca się tutaj o jeszcze jedno znaczenie, albowiem system nagrody/kary wzmacnia (dodatkowo udrażnia, kanalizuje), poprzez wzrost wag odpowiednich połączeń synaptycznych (obniżenie ich progu pobudliwości), te struktury asocjacyjne, których tworzenie lub uaktywnienie koincydowało w czasie (lub sytuacyjnie) z zaspokojeniem jakiegoś popędu (popędów), osłabia zaś (blokuje), obniżając wagi połączeń synaptycznych, struktury asocjacyjne, których utworzenie/uaktywnienie zostało skojarzone z brakiem zaspokojenia któregoś z popędów. Nie ma w tym, moim zdaniem, nic tajemniczego. Po prostu system nagrody/kary, którego rozgałęzienia (aksony) sięgają do wszystkich części kory mózgowej, wysyła (poprzez odpowiednie neurony/synapsy) sygnały pobudzające do struktur asocjacyjnych, które chce utrwalić, natomiast (przez inne neurony/synapsy) sygnały hamujące do struktur, które mają być osłabione lub całkiem wyeliminowane (możliwe zresztą, że sygnały pobudzania/hamowania wysyłane są do całej kory mózgowej, ale reagują na nie jedynie te struktury asocjacyjne, które właśnie były uaktywnione). To także system nagrody/kary decyduje o tym, któ-

<sup>12</sup> O ile wiem, powszechnie używa się terminu „system nagrody”, ale moim zdaniem nazwa „system nagrody/kary” jest bardziej adekwatna, o czym za chwilę.

<sup>13</sup> Aktywowane lub hamowane są także systemy odpowiedzialne za ogólny poziom aktywności mózgu oraz nastrój.

re tymczasowe, „próbne” struktury asocjacyjne w krótkotrwałej pamięci operacyjnej zostaną przesłane do pamięci długotrwałej i w niej utrwalone.

System nagrody/kary uczestniczy w tworzeniu, usuwaniu i modyfikacji struktur asocjacyjnych przede wszystkim w decyzyjnej części mózgu (kory mózgowej), ale także w jego części sensorycznej i motorycznej. Posłużmy się kilkoma przykładami. Małe dziecko, realizując popęd poznawczy, próbuje chwycić rozmaite przedmioty lub chodzić. Te, początkowo zupełnie przypadkowe, kombinacje skurczów mięśni, które uwieńczone zostają sukcesem, są „nagradzane” poprzez utrwalenie (wzmacnianie) odpowiadających im struktur asocjacyjnych. W mózgu ptaka owadożernego, po kilkakrotnym zatruciu się owego pechowego ptaka wskutek zjedzenia osobnika jakiegoś charakterystycznie ubarwionego gatunku owada, „popęd” unikania chorób i zranień drażniwiec osłabi strukturę asocjacyjną „kojarzącą” te owady z czymś jadalnym i uruchamiającą przez to odpowiedni behawior. Młode zwierzę doznaje chęci ucieczki przed każdym poruszającym się obiektem i dopiero obserwacja matki może „nauczyć” odpowiednie struktury asocjacyjne w jego mózgu, których obiektów naprawdę należy się obawiać. Oczywiście w miarę rozwoju sieci neuronalnej, na przykład u dorastającego ssaka, „nagradzane” są i „karane” coraz bardziej złożone struktury asocjacyjne, odpowiedzialne za odpowiednie rozpoznawanie i rozumienie coraz to bardziej skomplikowanych obiektów rzeczywistego świata i rządzących nimi praw oraz za coraz bardziej złożone repertuary zachowań. W sieci neuronalnej drapieżnika będą na przykład utrwalone takie strategie polowania (obejmujące między innymi rozpoznanie właściwej ofiary, sposób podkradania się do niej, ocenę odległości, wybór pomiędzy skokiem a pościgiem), które zostaną skojarzone z sukcesem w poprzednich próbach polowania. Generalnie rzecz ujmując, nauka odbywa się tutaj metodą prób i błędów (dodatkowym mechanizmem może być naśladowanie innych osobników tego samego gatunku). Trochę jest to podobne do „uczenia się” sztucznych sieci neuronalnych, gdzie ma miejsce tak zwana

wsteczna propagacja błędu, korygująca wagi poszczególnych połączeń, wzmacniając je lub osłabiając w zależności od tego, jak daleka była dana reakcja układu od reakcji oczekiwanej, tak aby ostatecznie „na wyjściu” otrzymać możliwie bliską pożądaną reakcję na bodziec „na wejściu”. W mózgu odbywa się to oczywiście w sposób o wiele bardziej skomplikowany.

Trudno jednoznacznie zidentyfikować cały system nagrody/kary w obrębie mózgu. Powszechnie jest on kojarzony (a przynajmniej jego część „nagrodowa”) z tak zwanym układem dopaminergicznym, to jest rozgałęzioną po całym mózgu siecią neuronów, których aksony uwalniają neurotransmitter zwany dopaminą. Wiadomo, iż dopamina uwalniana jest w warunkach zaspokojenia popędów (zaspokojenia głodu, dokonania aktu płciowego, usunięcia zagrożenia lub bodźca stresogennego); u człowieka towarzyszą temu pozytywne przeżycia (o czym za chwilę). Narkotyki powodujące wzmożone wydzielanie dopaminy, na przykład amfetamina, wywołują odczucia ekstatyczne, natomiast niedobór dopaminy prowadzi do depresji. Nie jest do końca jasne, czy układ dopaminergiczny wyczerpuje wszystkie funkcje tego, co skłonni bylibyśmy nazwać systemem nagrody/kary. W mózgu szczura istnieje na przykład obszar, który czasem nazywany bywa „ośrodkiem przyjemności”, kiedy bowiem umieścimy w nim elektrody, a włącznik prądu podłączymy do pedału umieszczonego w klatce, to szczur ów przestanie być zainteresowany jedzeniem, seksem i w ogóle jakąkolwiek aktywnością, lecz będzie bez przerwy naciskał wspomniany pedał, aż w końcu zdechnie z głodu. Po prostu, wprowadzając szczurowi elektrody w „ośrodek przyjemności”, stworzyliśmy mu niezmiernie potężny „sztuczny popęd”, którego zaspokajanie znacznie silniej stymulowało pozytywnie układ nagrody/kary niż zaspokajanie jakiegokolwiek innego popędu, co spowodowało niebywałe wprost wzmocnienie struktury asocjacyjnej wydającej dyrektywę „naciskaj pedał bez względu na wszystko”. U człowieka znaleziono (poprzez drażnienie elektrodami różnych części mózgu i pytanie pacjenta o doznawane wrażenia) pewien odpowiednik

„ośrodka przyjemności” w tak zwanej przegrodzie (część kory mózgowej), natomiast „ośrodek przykrości” utożsamiany jest czasem z tak zwanym ciałem migdałowatym, chociaż tu dowody są mniej jednoznaczne. Myślę, iż na obecnym etapie wiedzy bezpieczniej jest powiedzieć, że – chociaż wykryto już pewne aspekty systemu nagrody/kary – wiele szczegółów pozostało jeszcze do wyjaśnienia.

Zaspokojenie/niezaspokojenie popędów pobudza (pozytywnie lub negatywnie) nie tylko układ nagrody/kary. Takie sytuacje jak zagrożenie lub, przeciwnie, pościg za ofiarą, aktywują układ noradrenergiczny (związany z neurotransmiterem noradrenaliną), zwany też systemem energii mózgu. O ile system dopaminergiczny udrażniał selektywnie tylko „korzystne” struktury asocjacyjne, to system noradrenergiczny uaktywnia niespecyficznie większość mózgu, dodając (w bardzo wielu neuronach) do sygnałów sumowanych u nasady aksonu dodatkowy sygnał pobudzający (patrz: rozdział 1), przez co generalnie przyspiesza pracę mózgu oraz jego szybkość reagowania na konkretną sytuację. Stymulacja układu noradrenergicznego powoduje wzrost pobudzenia, uwagi, podniecenia, napięcia, natomiast jego dezaktywacja prowadzi do spadku napięcia, ospałości, rozleniwienia. Jest chyba jasne, iż, generalnie rzecz biorąc, system noradrenergiczny włączany jest w przypadku braku zaspokojenia popędu(ów), a wyłączany w przypadku ich zaspokojenia (choć nie jest to takie proste, na przykład chroniczny brak zaspokojenia jakiegoś popędu może prowadzić do depresji, stanu zdecydowanie „niskoenergetycznego”). Trzecim systemem, którego akcja nakłada się na działanie dwóch pozostałych, jest system serotoninowy, odpowiedzialny za ogólną kontrolę nastroju. Systemy noradrenergiczny i serotoninowy biorą także udział w regulacji cyklu snu i czuwania.

Wróćmy jednak do systemu nagrody/kary. Dochodzimy teraz do bardzo istotnego punktu naszych rozważań. Otóż psychicznym korelatem pozytywnego/negatywnego pobudzenia systemu nagrody/kary, wywołanego zaspokojeniem/niezaspokojeniem popędów oraz związanego z tym wzmocnienia/osłabienia odpowiednich struktur asocjacyj-

nych (na przykład poprzez uaktywnienie układu dopaminergicznego i wydzielanie dopaminy) jest subiektywne odczucie przyjemności/przykrości. Czytelnik mógł się już tego domyślić, gdy kilka akapitów wyżej mówiłem o ośrodkach przyjemności i przykrości. Z drugiej strony sądzę, że o ośrodku przyjemności/przykrości można w sposób dosłowny mówić jedynie u istot, które obdarzone są (samo)świadomością, a więc, co za tym idzie, subiektywnymi stanami psychicznymi. Trudno zawyrokować, czy człowiek jest jedyną istotą na Ziemi posiadającą świadomość, ale z pewnością posiada ją rozwiniętą w sposób niewspółmierny do innych zwierząt.

Jedną z podstawowych zasad psychologii głosi, iż ludzie są umotywowani do działań, które skutkują pozytywnymi (przyjemnymi) odczuciami, unikają zaś działań, które kojarzą im się z negatywnymi (przykrymi) odczuciami. Zatem system nagrody/kary to odziedziczony po nieświadomych przodkach zwierzęcych mechanizm motywacyjny, którego działalność została zaadoptowana przez subiektywną sferę psychiczną jako przyjemność/przykrość. Pierwotnie zatem oś przyjemność-przykrość odzwierciedlała i dokładnie pokrywała się z wyznaczoną przez dobór naturalny osią przystosowanie-nieprzystosowanie (do warunków środowiskowych). Czy jednak do dzisiaj osie te w każdym przypadku pokrywają się i wskazują w tym samym kierunku?

Otóż moim zdaniem – zdecydowanie nie. Uważam, że w rozwiniętych społeczeństwach ludzkich nastąpiło daleko idące rozejście się tych osi. W takich społeczeństwach, ze względu na cywilizacyjnie osiągnięty dobrobyt i brak bezpośredniej konieczności „walki o byt”, dobór naturalny uległ znacznemu osłabieniu lub został zgoła wyłączony (pomijając trywialne przypadki mutacji letalnych), a w nie zagospodarowaną przezeń przestrzeń zachowań wszedł dobór kulturowy oraz (właśnie!) zachcianki „ośrodka przyjemności”, który – wyzwolony spod bezpośredniego nadzoru ewolucji biologicznej – dąży już przede wszystkim do dogodzenia samemu sobie, często zresztą w sposób niezmiernie upośredniony (a więc mieści się tu zarówno bachiczne rozpasanie, jak religijna asceza i takie „uwznioślenie” popędu poznaw-

czego, by stał się on celem samym w sobie, jak to ma miejsce w czystej nauce). Co więcej, po wyłonieniu się psychicznego i kulturowego poziomu rzeczywistości, oś przyjemność-przykrość niejednokrotnie stawiała w ewidentnej opozycji do osi przystosowanie-nieprzystosowanie (dążyła do celów sprzecznych z tą ostatnią), przełamując w ten sposób, przynajmniej częściowo, bezwzględny dyktat genów nad naszym zachowaniem. Ów zgrzyt na linii natura-kultura i psychika wynika z faktu, że poziom kulturowy, podobnie jak poziom psychiczny, wszedł w posiadanie swoich własnych, arbitralnych celów i praw, a także mechanizmów potrzebnych do ich realizacji, nieobecnych na poziomie biologicznym.

Aby przełożyć te abstrakcyjne rozważania na konkrety, podam kilka przykładów. Pustelnik nie przekazuje dalej swoich genów ani w żaden sposób nie pomaga w tym krewnym. To samo dotyczy kapłana, naukowca czy artysty, rezygnujących z posiadania potomstwa w imię celów „wyższych”. Ratując przed utopieniem się osobę z nami niespokrewnioną (a już zwłaszcza reprezentanta innej rasy), który to czyn wydaje się oczywisty z punktu widzenia etyki, wspieramy geny swojego potencjalnego konkurenta w walce o byt (rywalizacji o ograniczone zasoby środowiska) oraz często narażamy własne życie. Kolejne przykłady to wolny seks uprawiany w celach innych niż prokreacyjne (środki antykoncepcyjne zajmują czołowe miejsce na „czarnej liście” wrogów doboru naturalnego), alkohol, narkotyki, nieograniczone uciechy kulinarne i palenie tytoniu. Z biologicznego punktu widzenia przynoszą one same szkody: przede wszystkim bezsensowną alokację energii, lecz także choroby weneryczne, AIDS, otyłość, marskość wątroby, uzależnienie, zawały serca i nowotwory (by wymienić tylko niektóre). Wszystkie przytoczone przykłady łączy natomiast jedno: bezpośrednio lub bardziej upośrednione stymulowanie „ośrodka przyjemności” (czyli systemu nagrody) w mózgu (jeśli jest ono bardziej pośrednie, zawoalowane, jak w przypadku ascety, naukowca czy artysty, mówimy o „wyższych”, uwznioślonych motywacjach ludzkich). Nikt natomiast nie przekona mnie, że czynności te w jakiś sposób „kalkulują się” doborowi na-



turalnemu. Zresztą zachowania niezgodne z doborem naturalnym nie ograniczają się wyłącznie do człowieka: nawet słonie i małpy upijają się napotkanym przypadkowo sfermentowanym sokiem owoców, ponieważ stymuluje to ich ośrodek przyjemności (z punktu widzenia ewolucji ma więc tu niewątpliwie miejsce pobudzenie systemu nagrody „niezgodne z jego przeznaczeniem”). To, co w tym przypadku zdarza się sporadycznie i jako takie umyka doborowi naturalnemu, stanowi immanentną składową ludzkich społeczeństw (mówię tu o działalności sprzecznej z interesami ewolucji biologicznej w ogóle, a nie tylko o spożywaniu alkoholu), w których dobór naturalny został bardzo osłabiony przez „bufor cywilizacyjny”, a które, notabene, stają się przez to coraz bardziej obciążone genetycznie, więc ten stan zapewne nie jest stabilny i nie będzie trwał wiecznie.

Powyższe wnioski odnoszą się bezpośrednio do socjobiologii, poglądu naukowo-filozoficznego głoszącego, iż zachowania ludzkie (zarówno poszczególnych osób, jak i społeczeństw) są pochodną biologicznie (a więc ewolucyjnie) uwarunkowanych schematów, które zostały oczywiście zapisane w naszych genach. Czy zgadzam się z tym poglądem? Wszystko zależy od tego, jak rozumieć dość mgliste stwierdzenie „są pochodną”. Jeśli oznacza to, iż zachowania ludzkie wywodzą się ewolucyjnie z behawioralnych uwarunkowań biologicznych, które do dzisiaj są w istotny sposób obecne w naszym życiu, wówczas odpowiedź brzmi: tak. Jeśli zaś socjobiologię rozumieć w ten sposób, iż całość zachowań ludzkich ze wszystkimi ich aspektami da się sprowadzić wyłącznie do uwarunkowań biologicznych – zdecydowanie się takiemu postawieniu sprawy sprzeciwiam. Z socjobiologią jest tak jak z redukcjonizmem – oba poglądy mają głęboki sens, jeżeli przybierają formy umiarkowane. Organizm żywy (włączając człowieka) niewątpliwie stanowi (także) pewną skomplikowaną konfigurację atomów, i żadna *vis vitalis* czy też duch nie mają tu nic do roboty, a cechy przynależne życiu stopniowo wyłaniają się z zachowania się materii nieożywionej podczas wspinaczki na kolejne stopnie hierarchii złożoności, jak chce rozsądny redukcjonizm. Jeżeli-

li jednak będziemy twierdzić za skrajnymi redukcjonistami, że człowiek to nic innego, jak tylko pewna konfiguracja atomów, i nic więcej interesującego nie da się tu powiedzieć, dojdziemy do absurdu. Językowi fizyki, czy nawet biologii, brak jest terminów i pojęć na kompletne opisanie człowieka i ludzkich społeczeństw. Zarówno skrajny redukcjonizm, jak i ekstremistyczna socjobiologia nie biorą po prostu pod uwagę obiektywnego (moim zdaniem) statusu zjawiska złożoności (znowu powracamy do osi przewodniej tej książki), realnego istnienia pewnych poziomów rzeczywistości usytuowanych w hierarchii złożoności nad poziomem fizycznym, a mianowicie poziomu biologicznego i psychiczno-kulturowego (nie zamierzam oczywiście traktować tych poziomów jako odrębnych bytów). Skrajna socjobiologia jest nieweryfikowalnym mitem<sup>14</sup> i wobec tego nie ma dla niej miejsca w nauce. Natomiast socjobiologia rozumiana jako program badawczy zmierzający do pokazania, jak dalece uwarunkowania biologiczne sięgają w nasze, tak ponocą czysto „humanistyczne”, wartości i zachowania, włączając w to na przykład etykę, zyskuje moją pełną aprobatę. Generalnie rzecz biorąc uważam się za zwolennika umiarkowanego redukcjonizmu (ale niech ktoś mi powie, czym – poza terminologią – różni się on od racjonalnego holizmu!) oraz socjobiologa, niemniej twierdzę, że poglądy te, doprowadzone konsekwentnie do samego końca, stają się swoją własną karykaturą.

Dotychczas mówiłem jedynie o odczuwaniu przyjemności i przykrości. Jednakże gama związanych z nimi doznań jest znacznie szersza i obejmuje rozmaite emocje: radość, triumf, poczucie zaspokojenia, strach, agresję, gniew, smutek, depresję i tak dalej. Jaki zachodzi związek pomiędzy przyjemnością/przykrością a emocjami? Emocje<sup>15</sup> to (moim zdaniem) po prostu przyjemność i przykreść o odmiennych

<sup>14</sup> Natomiast, moim zdaniem, łatwo da się ją sfalsyfikować.

<sup>15</sup> Mówię tu o psychicznym korelacie, a więc subiektywnej „zawartości” emocji, a nie o ich generowaniu, które ma miejsce w ośrodkach podkorowych.

konotacjach sytuacyjnych, uwikłane w rozmaite konteksty, przy czym oczywiście emocjom pozytywnym (radość, zaspokojenie) towarzyszy odczucie przyjemności, podczas gdy emocjom negatywnym (strach, smutek) – odczucie przykrości. Jak już była o tym mowa, przyjemność/przykrość są psychicznym korelatem odpowiedniego pobudzenia systemu nagrody/kary w mózgu (głównie układu dopaminergicznego). Jednakże w emocjach ważny jest także system energii psychicznej, związany z ogólnym stopniem pobudzenia mózgu, u którego podstawy leży wspomniany powyżej układ noradrenergiczny. I tak pewne emocje, zarówno pozytywne, jak i negatywne, na przykład radość, triumf, strach, agresja (gniew), reprezentują stany o wysokim stopniu pobudzenia mózgu, podczas gdy inne – w tym zaspokojenie, smutek, depresja – wiążą się z niskim poziomem „energii psychicznej”. Te dwie osie: przyjemność-przykrość oraz pobudzenie-brak pobudzenia stanowią (przynajmniej w mojej opinii) główne czynniki różnicujące emocje (ich subiektywne „zabarwienie”, jakość), podczas gdy inne, dodatkowe czynniki (ogólnie rzecz biorąc – wspomniany kontekst sytuacyjny) odpowiadają za bardziej subtelne różnice pomiędzy nimi.

Wspomniałem wyżej, iż system nagrody/kary oraz działające za jego pośrednictwem wrodzone popędy mają istotny wpływ (poprzez selektywne wzmacnianie/osłabianie) na tworzenie i modyfikację struktur asocjacyjnych w sieci neuronalnej. A ponieważ właśnie owe struktury składają się na obraz świata zewnętrznego w naszym mózgu, to właśnie popędy ukierunkowują ten obraz i sprawiają, iż jest on **intencjonalny**. Oznacza to, że nasze odwzorowanie rzeczywistości nie charakteryzuje się neutralnością czy bezstronnością, jak na przykład zdjęcie fotograficzne, program działania robota czy wzór percepcyjny utworzony w sztucznych sieciach neuropodobnych, które zostały poddane uczeniu się rozmaitych wzorców wizualnych. Wprost przeciwnie, system nagrody/kary wyznacza zdecydowaną oś, na którą są nakierowane wszystkie działania podejmowane przez sterowany przez układ nerwowy organizm. Dlatego, moim zdaniem, system nagrody/kary stanowi kluczowy element umożliwiający wy-

łonienie się własnego, intencjonalnego „ja” organizmu zwierzęcego wyposażonego w system nagrody/kary. Jest to równoważne z powstaniem **podmiotu, wobec którego** odnoszone są rozmaite obiekty świata zewnętrznego, czyli przedmioty. U większości zwierząt owo „ja” pozostaje oczywiście nieświadomione, nie docierają do niego sygnały o jego własnym istnieniu. Jedynie (jak sądzę) u człowieka doszło do jego pełnego samouświadomienia, a więc percepcji faktu swojego istnienia. Aby jednak „ja”, czyli intencjonalny podmiot, mogło dojść do samoświadomości, musi ono najpierw w ogóle zaistnieć jako nakierowany (pierwotnie przynajmniej) na ewolucyjny sukces kompleks: system nagrody/kary plus sterujące nim (ukierunkowujące go) popędy.

A zatem za podejmowanie decyzji i planowanie odpowiedzialne są struktury asocjacyjne, nad których tworzeniem i modyfikacją nadzór sprawuje system nagrody/kary, będący z kolei wyrazicielem woli popędów, a w ostatniej instancji – warunkujących je genów. Decyzje są w swej istocie niczym więcej niż antycypacją takiej strategii zachowania, która doprowadzi do możliwie intensywnej pozytywnej stymulacji systemu nagrody/kary (a więc możliwie silnego pobudzenia „ośrodka przyjemności” i możliwie słabego pobudzenia „ośrodka przykrości”). Przypominam, iż u człowieka nagrodą (a więc neurofizjologicznym korelatem przyjemności) mogą być nie tylko tak proste bodźce, jak uciechy kulinarne i seks, lecz również uprawianie nauki i filozofii (zaspokojenie czystej ciekawości poznawczej), zachowania etyczne, odczucia estetyczne, przeżycia religijne, mistyczne i tym podobne. Na tym się, między innymi, zasadza natura człowieczeństwa. Ale to jest już wszystko: wszelkie zachowania ludzkie zmierzają do mniej lub bardziej upośrednionego (zawołowanego) pozytywnego pobudzenia systemu nagrody/kary.

Tu oczywiście pojawia się od razu problem (świadomej) wolnej woli, fenomenu od wieków hołubionego przez filozofów, etyków, teologów, prawników, a także akceptowanego na co dzień przez zwykłych ludzi. Niestety, zarówno analiza logiczna pojęcia wolnej woli, współczesna ogólna wiedza neurofizjologiczna, jak i konkretne eksperymenty przepro-

wadzone na ochotnikach zdają się niedwuznacznie sugerować, iż coś takiego jak wolna wola (w rozumieniu filozoficznym) nie tylko nie istnieje, ale wręcz nie ma żadnego sensu, jest pojęciem pustym i wewnętrznie sprzecznym. Spróbuję poniżej przedstawić argumenty przemawiające na rzecz tak zdecydowanej i dla wielu najprawdopodobniej bulwersującej tezy.

Problem wolnej woli, której istnienie wcześniej uważano za oczywiste i którą przypisywano nieśmiertelnej duszy jako jej nieodłączny atrybut, w sposób naturalny wyłonił się w konfrontacji z przeddwudziestowieczną fizyką (na czele z Newtonowską mechaniką), całkowicie deterministyczną ze swej istoty. Tak zwany demon Laplace'a, czyli wyimaginowana istota posiadająca informacje o położeniu i szybkości wszystkich atomów we Wszechświecie, byłby w stanie z nieskończoną dokładnością odtworzyć całą jego przeszłość i przewidzieć całą przyszłość. Skoro zaś ludzki mózg zbudowany jest z materialnych atomów, to i jego działalność, wraz z podejmowanymi przez niego decyzjami, także powinna być kompletnie zdeterminowana i z góry zaplanowana od zarania dziejów. Dlatego (niektórzy przynajmniej) zwolennicy wolnej woli z entuzjazmem przyjęli powstanie indeterministycznej mechaniki kwantowej, wedle której w zachowaniu się atomów immanentną rolę odgrywa przypadek. Ciepło też była postrzegana w tym kontekście teoria chaosu, głosząca, że nawet w układach – formalnie rzecz biorąc – ściśle deterministycznych ich ewolucja jest na dłuższą metę całkowicie nieprzewidywalna, chyba że się dysponuje nieskończoną ilością informacji<sup>16</sup>. Moim zdaniem optymizm ten wynikał z całkowitego niezrozumienia problemu. W jaki sposób przypadek lub chaos mogłyby nas przybliżyć do wolnej woli? Przecież jest ona w swej istocie całkowitym zaprzeczeniem nie tylko determinizmu, lecz także zachowania przypadkowego czy chaotycznego. Wolna wola oznacza samoistne (od-

<sup>16</sup> Pojawiły się zresztą koncepcje, iż bodźce zmysłowe jedynie modulują, kanalizują chaotyczną ze swej natury spontaniczną aktywność mózgu.

bywające się „samo z siebie”, cokolwiek by to miało znaczyć) i celowe, nie wynikające li tylko z praw fizyki, planowanie działań przez jakiś autonomiczny podmiot. Czy rzucona kostka do gry lub chaotyczne ruchy Browna mają w sobie więcej wolnej woli niż poruszający się po szynach tramwaj?

Często twierdzi się, że to nasza świadomość obdarzona jest wolną wolą, która kieruje naszym zachowaniem. Świadomość nie jest jednak odrębnym bytem – stanowi jedynie epifenomen, „skutek uboczny” działalności mózgu i nie jest w stanie zwrotnie oddziaływać na mózg, zawarte w nim atomy, przewodzenie impulsów w neuronach i tym podobne (nie umożliwia jej tego żaden fizyczny czynnik, mechanizm czy siła), a przecież to właśnie funkcjonowanie sieci neuronalnej jest wyłącznie odpowiedzialne za nasze działania. Świadomość można traktować w przerośni jako swego rodzaju bierny ekran, na którym są „wyświetlane” subiektywne odpowiedniki, korelaty aktualnej działalności pewnego fragmentu sieci neuronalnej w mózgu. Świadomość wyłania się, kiedy od działania pojedynczych neuronów przechodzimy do funkcjonowania odpowiednio zorganizowanych sieci ogromnej ilości neuronów, tak jak strzałka czasu w termodynamice (oraz związana z nią nieodwracalność zjawisk i tendencja do wzrostu entropii), nieobecna w układzie jednego lub dwóch atomów, wyłania się stopniowo, kiedy przechodzimy do dziesięciu, stu, tysiąca, miliona, miliarda (i tak dalej) atomów. Zarówno świadomość, jak i strzałka czasu reprezentują właściwości emergentne, o tyle obiektywnie istniejące, o ile (i na ile) zdecydujemy się przyznać obiektywny status zjawisku złożoności.

Relację świadomości do mózgu da się jeszcze przyrównać do huków będącego „ubocznym skutkiem” działalności wodospadu. Jednakże, jeśli by tę analogię potraktować zbyt dosłownie, można by sugerować, iż dźwięk huków może odbić się echem od skały i, powróciwszy, zaburzyć ruch wody w wodospadzie, a więc wywrzeć nań jakiś wpływ. Dlatego bardziej trafne wydaje mi się potraktowanie świadomości jako czegoś tak subtelnego, ulotnego i niematerialnego, jak piękno kwiatu. Piękno to pojawia się w trakcie rozkwitania

pąka, ale chyba jasne jest, iż samo nie może w jakikolwiek sposób wpłynąć zwrotnie lub zaburzyć dalszy rozwój kwiatu. (Poczucie piękna jest przy tym równie subiektywne jak odczucie wolnej woli). Relacja między mózgiem a świadomością wydaje się zatem bezwzględnie jednokierunkowa – mózg „wytwarza” świadomość, lecz świadomość, na czele z posiadaną przezeń „wolną wolą”, *a priori* nie jest w stanie wywrzeć jakiegokolwiek efektu na mózg, a przezeń – na nasze zachowanie. Stąd płynie wniosek, że świadoma wolna wola stanowi jedynie subiektywne introspekcyjne wrażenie.

Wolna wola ze swej natury określana jest jako zjawisko świadome. Rodzi to kolejny problem, ponieważ neurofizjologia pokazała przekonująco, iż większość procesów decyzyjnych w naszym mózgu to procesy nieświadomione (jest to zresztą poniekąd oczywiste: jak już wspominałem, przetwarzanie informacji w mózgu przebiega w sposób równoległy, podczas gdy świadomość traktujemy jako jedność, a wobec tego jej kolejne stany ułożone są jeden po drugim w sposób szeregowy). Jako jeden z licznych przykładów może tu posłużyć tak zwane ślepowidzenie, w którym pacjent z uszkodzeniem drogi wzrokowej w mózgu twierdzi, że nie postrzega bodźców wzrokowych (nie docierają one do jego świadomości), podczas gdy rozmaite reakcje pacjenta bezsprzecznie dowodzą, iż niektóre części jego mózgu „widzą” i są zdolne adekwatnie pokierować jego zachowaniem! Problem polega na tym, iż po uszkodzeniu mózgu sygnały od receptorów wzrokowych docierają do decyzyjno–motorycznej części mózgu „starymi” (ewolucyjnie) drogami, niedostępnymi dla sieci neuronalnej będącej „nośnikiem” świadomości. Inny przykład to tak zwana jednostronna nieuwaga (efekt niektórych wylewów w mózgu): świadomość (i związana z nią uwaga) chorego w ogóle nie postrzega lewej strony rzeczywistości, choć niektóre jego podświadome reakcje świadczą o czymś przeciwnym.

Zresztą nie tylko podejmowanie decyzji („wolna wola”) samo w sobie, ale także większość naszej inteligencji, myślenia i planowania mieści się w procesach nieświadomych. Jest to pogląd powszechnie dziś akceptowany przez neuro-

biologów. Sam znam z introspekcji liczne przypadki, kiedy długo poszukiwane rozwiązanie jakiegoś problemu naukowego pojawiało się nagle w mojej świadomości w chwili, kiedy akurat myślałem o czymś zupełnie innym (najczęściej zresztą o niebieskich migdałach).

Przeciwko świadomej wolnej woli świadczą także dobitnie konkretne eksperymenty neurofizjologiczne. Doświadczenie Libeta, którego nie będę bliżej omawiał, gdyż jego logika jest dosyć skomplikowana, pokazuje, że proces uświadamiania sobie danych zmysłowych trwa do około 0,5 sekundy, podczas gdy wiele „świadomych” reakcji na bodźce (to znaczy takich, które subiektywnie odbieramy jako kierowane naszą świadomą wolną wolą) trwa znacznie krócej. Mamy tu więc do czynienia z „wtórną racjonalizacją” reakcji zachodzących na poziomie nieświadomym bez udziału wolnej woli, tak aby *post factum*, w introspekcji, wyglądały one na udzielne, niezależne i autonomiczne decyzje naszego „ja” (cokolwiek by to miało oznaczać).

Jeszcze większe wrażenie robi doświadczenie Kornhubera. W eksperymencie tym polecono pacjentowi, aby po pewnym okresie bezruchu nagle, w wybranym przez siebie momencie, zdecydował się na zgięcie palca u ręki i natychmiast po podjęciu decyzji zgiął ten palec. Jednocześnie robiono pacjentowi elektroencefalogram (EEG), umocowawszy elektrody w odpowiednich miejscach jego czaszki. Oczywiście, jak każdy może to sprawdzić na sobie, pomiędzy świadomym, wywołanym wolną wolą podjęciem decyzji o zgięciu palca a faktycznym jego zgięciem upływa ułamek sekundy (dosłownie: mgnienie oka – sprawdziłem, więc wiem). Problem w tym, że u badanego pacjenta wzmożona aktywność odpowiednich obszarów w mózgu rozpoczynała się aż półtora sekundy przed zgięciem palca! A więc „coś” w mózgu pacjenta podejmowało decyzję o zgięciu palca o ponad sekundę wcześniej niż ta decyzja dotarła do jego świadomości. Co więcej, świadomość pacjenta przyjmowała tę decyzję jako własną, jako wyraz jej niezależnej od niczego wolnej woli! Oczywiście prowadzący eksperyment badacz mógł na bieżąco obserwować zapis elektroencefalografu i w ten sposób

jego świadomość „dowiadywała się” wcześniej niż świadomość pacjenta o podjętej przez tego ostatniego decyzji, a zatem wiedziała z wyprzedzeniem, co za chwilę postanowi jego „wolna wola”! Proszę mi wybaczyć tak dużą liczbę wykrzykników, ale eksperyment to zaiste fascynujący i wstrząsający zarazem.

Z powyższych rozważań wynika, że świadoma wolna wola nie jest ani wolna, ani świadoma. Świadomość nie uczestniczy w podejmowaniu decyzji, a jedynie z opóźnieniem, *post factum*, dowiaduje się o decyzjach podjętych na poziomie nieświadomym. Tam zaś myślenie, planowanie i podejmowanie decyzji polega na aktywacji, rozwoju i modyfikacji kompleksu struktur asocjacyjnych w sieci neuronalnej mózgu, który to proces oparty jest na gromadzeniu doświadczeń i zostaje skanalizowany przez system nagrody/kary, pozostający pod kontrolą popędów. Świadoma wolna wola nie tylko nie jest konieczna do wyjaśnienia powyższych zjawisk – po prostu nie ma w nich na nią w ogóle miejsca.

Na tym zakończę opis działalności mózgu od strony neurofizjologicznej, to jest funkcjonowania pojedynczych neuronów i złożonej z nich sieci neuronalnej podłączonej do systemu receptorów i efektorów. Dalej zamierzam przedstawić, jak sprawy wyglądają „z drugiej strony medalu”, czyli z poziomu psychicznego (subiektywnych fenomenów mentalnych). Do sieci neuronalnych powrócę jeszcze na chwilę w rozdziale 6, przy okazji opisywania neurofizjologicznego korelatu (samo)świadomości.

## NATURA OBIEKTÓW MENTALNYCH

W rozdziale 3 opisałem relacyjną (konotacyjną) strukturę funkcjonalną sieci neuronalnej w ludzkim mózgu. Ponieważ zakładam, że psychika (świadomość) człowieka, razem ze wszystkimi zawartymi w niej obiektami mentalnymi, **wyłania się** w jakiś sposób z funkcjonowania mózgu, struktura ta musi warunkować naturę sfery mentalnej w ogólności, a występujących w niej obiektów – w szczególności. W niniejszym rozdziale przedstawię moje poglądy na to, czym są poszczególne obiekty mentalne: pojęcia (oraz utworzona przez nie sieć pojęciowa), procesy myślowe i wrażenia (a także kilka innych: wspomnienia, marzenia senne i tak dalej). Omówię również relację między siecią pojęciową (patrz następny akapit) a językiem. Niektóre z tych zagadnień zdążyłem już zasygnalizować we wcześniejszych rozdziałach niniejszej książki.

Moim zdaniem, psychicznym korelatem (odzwierciedleniem, wyrazem) struktury i funkcji połączeń neuronalnych w mózgu jest, złożona z poszczególnych pojęć, **sieć pojęciowa**. Przez **pojęcie** rozumiem wszystko, co – chociażby potencjalnie – może stać się treścią (chwilowej) świadomości, a więc wszystko, co nasz umysł może w jakikolwiek sposób postrzec, pomyśleć, wyobrazić sobie, odczuć, wyśnić czy wygenerować w formie halucynacji. Pojęcia mogą być bardzo konkretne, jak na przykład drzewo, kamień, albo też bardzo abstrakcyjne, jak sprawiedliwość. Mogą dotyczyć konkretnych obiektów, jak Juliusz Cezar czy ten właśnie, a nie inny okaz czer-



wonej róży, kategorii obiektów (planeta), bytów nierzeczywistych (anioł) i emocji (uczucie strachu). Mogą się wreszcie odnosić do „obektów” tak mglistych i niedookreślonych, że nie znajdujemy dla nich nazw językowych. Pojęcia to nie tylko „byty jednostkowe”, jak na przykład słowa w języku, to także twory bardziej złożone, odpowiadające całym zdaniom, koncepcjom i ideom. Pojęciami są wszelkie, nawet najbardziej mgliste sensory pojawiające się w naszej świadomości. Mówiąc o świadomości lub psychice mówimy zatem, wedle sformułowanej powyżej definicji, o zespołach pojęć.

Pojęcia pierwotne i wtórne (ten podział wyjaśnię nieco dalej) stanowią mentalny korelat omawianych wcześniej struktur asocjacyjnych niższego i wyższego rzędu. One to, i tylko one (wraz z przepuszczonymi przez „interpretator” sieci pojęciowej wrażeniami napływającymi od receptorów, odpowiadającymi uaktywnionym strukturom integracyjnym), mogą potencjalnie stanowić treść subiektywnej sfery psychicznej, czyli (samo)świadomości.

Zdaję sobie sprawę z tego, że moje szerokie rozumienie terminu „pojęcie” kłóci się być może nieco z jego powszechnym użyciem. Węższe znaczenie pojęcia odpowiada z grubsza elementom pamięci semantycznej, podczas gdy ja chciałbym rozciągnąć je także na inne rodzaje pamięci dostępnej naszej świadomości, a w szczególności na pamięć epizodyczną. Znajduje to usprawiedliwienie w fakcie, iż pamięć semantyczna jest w pewnym istotnym sensie nadrzędna w stosunku do pamięci epizodycznej, warunkując w ogóle rozumienie zapisów tej ostatniej. Podejście takie uważam za głęboko uzasadnione, albowiem, jak o tym powiem za chwilę, wszelkie zjawiska mentalne, takie jak wrażenia, myśli, wspomnienia, emocje czy marzenia senne stanowią w istocie jedynie różne formy uaktywnienia rozmaitych obszarów sieci pojęciowej<sup>17</sup>. Sieć ta jest interpretatorem syg-

<sup>17</sup> Jeśli ktoś woli, może w miejsce mojego terminu „pojęcie” podstawić dowolny inny, na przykład jednostka psychiki: „psych”, i mówić konsekwentnie o „sieci psychów”. Mnie jednak razi tego rodzaju słowotwórstwo. „Pojęcie” jest słowem o tyle trafnym, że w tej książce kładę szczególny na-

nałów napływających ze świata zewnętrznego i, stanowiąc dla nich punkt odniesienia, czyni w ogóle możliwym rozumienie tych sygnałów. Zachodzi jednak także relacja odwrotna: odbierane wrażenia współwarunkują dalszy rozwój sieci pojęciowej. Ponadto pojęcia są nadrzędne w stosunku do nazw językowych (patrz niżej). Sieć pojęciowa stanowi zatem ośnoję, substancję wrażeń, myśli i innych obiektów mentalnych. Jako taka, zdecydowanie zasługuje na uprzywilejowaną pozycję w naszych rozważaniach.

Jakie jednak konsekwencje dla natury pojęć i utworzonej z nich sieci pojęciowej płyną z omawianej w poprzednich rozdziałach ogólnej struktury funkcjonalnej sieci neuronalnej w mózgu? Pierwszą z nich jest ta, że poszczególne pojęcia w sieci pojęciowej, tak jak poszczególne komórki nerwowe w sieci neuronalnej, znaczą jedynie przez **konotację**, jedno wobec drugich. Zatem sens, znaczenie danego pojęcia jest określone tylko poprzez jego odniesienie do innych pojęć. Nie istnieje wobec tego żadne dyskretne, jedno-jednoznaczne, absolutne przyporządkowanie pojęcia do jego desygnatu (obektu, do którego się ono odnosi). Wprost przeciwnie, sieć pojęciowa (oraz, jak to było wspomniane, leżąca u jej podstawy sieć struktur asocjacyjnych) w trakcie swego rozwoju coraz silniej „opłata” fakty (aspekty) świata zewnętrznego, tak jak wspomniana już sieć pajęczna opłatać może powierzchnię kamiennej rzeźby. W ostatecznej instancji każde pojęcie w sieci pojęciowej jest definiowane przez wszystkie inne pojęcia, a więc to cała sieć pojęciowa stanowi odpowiedni kontekst znaczeniowy dla każdego pojęcia. Mówiąc krótko: to, co dane pojęcie znaczy, wynika z jego relacji do innych pojęć.

W wyniku powyższego sieć pojęciowa jest, generalnie rzecz biorąc, tworem ciągłym: jedno pojęcia płynnie przechodzą (lub przynajmniej mogą przechodzić) w inne. To także wynika ze struktury sieci neuronalnej, jeśli tylko założymy (co wydaje się oczywiste), że jedno pojęcie stanowi pochod-

cisk na nasze zdolności poznawcze, a więc rodzaj i stopień odpowiedniości między siecią pojęciową i światem zewnętrznym.

na połączeń wielu komórek nerwowych i wobec tego możemy zaniedbać pojedyncze neurony (które tak czy owak pracują w sposób analogowy, a nie dyskretny) jako znajdujące się poniżej „rozdzielczości” zjawisk mentalnych<sup>18</sup>. Sytuacja w przypadku sieci pojęciowej jest zatem diametralnie inna niż w języku, który przecież składa się z dyskretnych, „skwantowanych” nazw. Nie przeczy to indywidualności pojęć. To tak, jak ze wzgórzami w krajobrazie – chociaż istnieją poszczególne wzgórza, nie ma pomiędzy nimi ostrych granic. O tożsamości pojęcia decydują dwie cechy. Jedna to dookreślenie, stopień wyodrębnienia sensu pojęcia, natężenie jego znaczenia w „polu semantycznym”. Cecha ta decyduje o tym, jak jasno i wyraźnie dane pojęcie jawi się w naszej świadomości, jak bardzo wydaje się nam ono oczywiste i jednoznaczne. Decyduje o tym ilość relacji danego pojęcia z innymi pojęciami w sieci pojęciowej. Druga właściwość to jakość jego relacji, czyli to, z jakimi pojęciami łączy się dane pojęcie, do jakich innych pojęć odnosi się ono semantycznie (i w jaki sposób), jakie inne pojęcia je definiują. Jak wspomniałem przed chwilą, ta cecha decyduje o tym, co dane pojęcie znaczy. Należy wspomnieć, iż pierwsza z wymienionych cech pojęcia jest w pewnym sensie wtórna w stosunku do drugiej: jeśli wiadomo, do jakich innych pojęć dane pojęcie się odnosi, wiadomo też, ile jest tego rodzaju relacji.

Ponieważ sieć pojęciowa stanowi pochodną sieci neuronalnej, zawiera ona – tak jak ta ostatnia – zarówno komponentę wrodzoną, jak i nabytą w czasie życia osobniczego. Wrodzone są ogólne predyspozycje mózgu do tworzenia pojęć, a także ośrodki ich krystalizacji (pierwotne osie znaczeniowe, o których powiem później). Natomiast do samych konkretnych pojęć, których „substancja” ma, przynajmniej częściowo, naturę wrażeniową, dochodzimy w trakcie rozwoju ontogenetycznego.

<sup>18</sup> Tak jak możemy zaniedbać w przypadku dobrej fotografii fakt, że składa się ona z ziaren emulsji fotograficznej, i uważać obecne na niej barwne plamy za twory przynajmniej potencjalnie ciągłe.

Można pokusić się o metaforę, iż różne pojęcia są rozmajicie usytuowane w „przestrzeni semantycznej” o potencjalnie nieograniczonej liczbie wymiarów. Wymiary te można zobrazować za pomocą „osi znaczeniowych”, wyznaczających w tej przestrzeni coś w rodzaju kartezjańskiego układu współrzędnych. W takiej przestrzeni pojęcia powstają przez „polaryzację” na tych osiach w odniesieniu do innych pojęć, czyli, mówiąc inaczej, „pustka semantyczna” ulega tu rozwarstwieniu na poszczególne nowe pojęcia. Przykłady prostych osi znaczeniowych to: „duży – mały”, „jasny – ciemny”, „przyjemny – przykry”. Osie znaczeniowe byłyby przy tym, podobnie jak pojęcia, tworami (potencjalnie) ciągłymi, zarówno wzdłuż osi, jak i pomiędzy osiami, przy odgraniczeniu jednej osi od drugiej. Poza tym rodzaj polaryzacji (przeciwstawne końce osi) także są określone przez pojęcia. Manifestuje się tu w całej pełni konotacyjność sieci pojęciowej: pojęcia są określane przez osie pojęciowe, osie te zaś – przez pojęcia. Wprowadzenie koncepcji osi służy więc głównie uwyrażnieniu samej idei sieci pojęciowej. Koncepcja ta jest jednak o tyle istotna, że, jak to będę rozważał przy okazji omawiania ewolucji sieci pojęciowej podczas rozwoju osobniczego, człowiek posiada pewne wrodzone osie znaczeniowe, które służą jako pierwszy interpretator napływających bodźców zewnętrznych i tworzonych na ich podstawie pojęć, a które na poziomie neurofizjologicznym odpowiadają popędom oraz wrodzonym (niższego rzędu) strukturom integracyjnym. Przypominam, że koncepcja osi znaczeniowych i przestrzeni semantycznej stanowi jedynie użyteczną metaforę, która ma nam przybliżyć w sposób intuicyjnie zrozumiały istotę tego, co stanowi zawartość naszej psychiki, nie jest bowiem moim zamiarem tworzenie nowej filozofii i powoływanie do istnienia nowych bytów.

Jak powiedziałem, sieć pojęciowa odzwierciedla (funkcjonalny) wzorzec połączeń komórek nerwowych w sieci neuronalnej, a zwłaszcza zawarty w tej ostatniej system struktur asocjacyjnych. Jednakże w danej chwili jedynie bardzo niewielka część tych połączeń jest „realizowana”, co oznacza, że tylko niewielka część wypustek komórek nerwo-

wych i synaps przewodzi impulsy. Ponadto większość procesów przebiegających w mózgu to procesy nieświadomione. Skoro tak, to jedynie znikoma część sieci pojęciowej może w określonym momencie stać się treścią świadomości – jest to zresztą całkowicie zrozumiałe ze względu na ogrom tej sieci. Światło świadomości obejmuje na bieżąco jedynie te z pojęć, które akurat zostały „uaktywnione”, i to w pewien konkretny sposób, umożliwiając ich uświadomienie (patrz rozdział 6). Poszczególne pojęcia objęte na bieżąco przez świadomość mogą też jawić się w jej obrębie z różną intensywnością – odpowiedzialne za to jest zjawisko uwagi.

Różne fragmenty sieci pojęciowej (i leżącej u jej podłoża sieci neuronalnej) mogą zostać uaktywnione w rozmaity sposób. Jeżeli pobudzenie to pochodzi od receptorów zmysłowych (a zatem od sygnałów ze świata zewnętrznego), mamy do czynienia z **wrażeniami**. Wrażenia (u których podłoża leży uaktywnianie struktur integracyjnych na różnych etapach integracji) są rozumiane i interpretowane, mają jakikolwiek sens jedynie poprzez sposób, w jaki pobudzają niektóre pojęcia w sieci pojęciowej (a więc – odpowiednie struktury asocjacyjne w sieci neuronalnej). Wrażenie czerwieni<sup>19</sup> powstaje poprzez uaktywnienie pojęcia czerwoności, a wrażenie kota poprzez „udrożnienie” odpowiadającego mu fragmentu (struktury asocjacyjnej) sieci nerwowej (pojęciowej). Nie ma czegoś takiego jak prosta, elementarna, atomowa cecha czerwoności<sup>20</sup> – jest ona pojęciem znaczącym jedynie przez konotację, odniesienie do innych pojęć. Pojęcia, które służą jako interpretator dla nadchodzących wrażeń zmysłowych, zostały nabyte w trakcie rozwoju osob-

<sup>19</sup> Jest to wrażenie cząstkowe na najniższym stopniu integracji, które nie może istnieć samodzielnie, jako że czerwona plama musi mieć jakiś kształt, rozciągłość w przestrzeni itp. Niemniej jednak do zrozumienia, uzmysłowienia sobie czerwieni niezbędne są adekwatne fragmenty sieci pojęciowej, a w ostatecznej instancji – całość tej sieci.

<sup>20</sup> Nie istnieją zatem, o czym powiem szerzej za chwilę, tak zwane *qualia*, czyli wymyślone przez filozofów byty mające być nośnikami odmiennych jakościowo cech poszczególnych wrażeń.

niczego właśnie (między innymi) w oparciu o pobudzenia zmysłowe napływające w przeszłości, a także o pewne wrodzone osie znaczeniowe i mechanizmy integracyjne. Napływające wrażenia są odnoszone do istniejących pojęć i mogą być (po odpowiedniej obróbce) potencjalnie wbudowane do sieci pojęciowej jako nowe pojęcia. Sieć pojęciowa determinuje całkowicie zawartość i znaczenie napływających wrażeń. Wrażenia związane są ściśle z pobudzaniem struktur integracyjnych, których stymulacja powoduje z kolei uaktywnienie najbardziej konkretnych pojęć (struktur asocjacyjnych niższego rzędu). Dlatego też wrażenia cechuje szczególna „wyrzistość” i „naoczność”.

Wobec powyższego nie ma najmniejszego sensu mówić (jak czyni to wielu filozofów) o „wrażeniach elementarnych” lub „qualiach”, takich jak na przykład wrażenie błękitu. Wrażenie błękitu jest „błękitne”, ponieważ struktura neuronalna (grupa neuronów połączonych funkcjonalnie w odpowiedni sposób) odpowiadająca (równoważna) pojęciu błękitu jest podłączona (w rzeczywistości jest to nieco bardziej skomplikowane) do komórek światłoczułych w siatkówce wrażliwych na niebieski zakres spektrum promieniowania widzialnego. W ciągu naszego życia struktura ta „nauczyła się” (poprzez wielokrotne pobudzenia przez rozmaite kombinacje sygnałów – porównaj mechanizm tworzenia struktur asocjacyjnych), że w przypadku pewnej części postrzeganych obiektów nadchodzą sygnały od „niebieskich” receptorów (a więc, że ma miejsce koincydencja niebieskiej barwy z pewnymi obiektami, na przykład z niebem nad naszymi głowami). Z kolei nasza sieć pojęciowa przyjęła, że „błękitność” stanowi wspólną cechę obiektów, które stymulują „błękitne” (i tylko „błękitne”) receptory. Dlatego „błękit” współdefiniuje w sieci nerwowej (i pojęciowej) wszystkie błękitne obiekty, wszystkie zaś błękitne obiekty współdefiniują błękit. Nie byłibyśmy w stanie rozumieć, czy nawet „widzieć” błękitu bez wszystkich tych błękitnych obiektów, które napotkaliśmy w ciągu naszego życia i które włączyliśmy (jako ich reprezentacje) do naszej sieci neuronalnej. Dlatego „błękit” (jego wrażenie) nie jest w żadnym razie prostym, niezależnym, au-

tonomicznym bytem. Tym, co w rzeczywistości odbieramy (za pomocą naszych oczu), jest promieniowanie elektromagnetyczne o pewnej określonej długości fali. Nie postrzegamy samego „błękitu” w swej immanencji (ponieważ nic takiego nie istnieje), ale jedynie rdzeń pojęcia błękitu, kiedy fragment sieci nerwowej leżący u podstawy tego pojęcia ulega aktywacji przez sygnały pochodzące od „błękitnych” receptorów (lub, mniej intensywnie i wyraźnie, przez impulsy wygenerowane wewnątrznie przez mózg podczas snów, myśli, wyobrażeń lub wspomnień, o czym za chwilę).

Sama istota percepcji błękitu jest zdeterminowana wyłącznie przez neuronalny (a zatem i pojęciowy) kontekst pojęcia błękitu. Nie doświadczamy błękitu dlatego, że „błękitne” receptory (a dalej: neurony pośredniczące w przekazie i integracji informacji pochodzącej od receptorów) wysyłają odmienne sygnały neuronalne niż receptory „czerwone” (sygnały te są w istocie **identyczne**), ale dlatego, że struktura neuronalna odpowiadająca błękitowi w przeciągu całego naszego życia ulegała stymulacji przez błękitne obiekty, pobudzające „błękitne” receptory. Pojęcie błękitu po prostu posiada **inne relacje** z całą resztą sieci pojęciowej (a leżące u jego podstawy struktury integracyjne i asocjacyjne – z całą resztą sieci neuronalnej), niż na przykład pojęcie czerwieni, i to właśnie stanowi o istocie błękitności. Wyobraźmy sobie, że u pewnego pacjenta przetniemy połączenia nerwowe między „błękitnymi” receptorami w siatkówce oka oraz ośrodkiem „błękitu” w mózgu, i że zamiast tego połączymy „błękitny” ośrodek z „czerwonymi” receptorami (komórkami światłoczułymi – czopkami – wrażliwymi na czerwień). Następnie pokazujemy naszemu biednemu pacjentowi czerwoną różę. Co zobaczy? Oczywiście różę **błękitną**. Stanie się tak, ponieważ subiektywne wrażenie błękitu nie odpowiada temu, co (jaka długość fal elektromagnetycznych) stymuluje „błękitne” receptory, lecz temu, co aktywuje ośrodek „błękitu”<sup>21</sup> w mózgu. Czym jest zatem „błękitność”? Jest

<sup>21</sup> Terminu „ośrodek” używam tu oczywiście w przenośni, w znaczeniu bardziej funkcjonalnym niż anatomicznym.

ona wspólną cechą wszystkich obiektów stymulujących podczas rozwoju mózgu „błękitne” receptory, która to cecha została odzwierciedlona w mózgu w postaci „ośrodka błękitu” (i odpowiadającego mu pojęcia w sieci pojęciowej) – niczym więcej. „Błękitności” różnych ludzi (subiektywne postrzeganie przez nich koloru błękitnego) różnią się nieco, choć oczywiście jest to niemożliwe do sprawdzenia (różnice te są daleko większe między normalnymi ludźmi a daltonistami). „Błękitności” człowieka i muchy są najprawdopodobniej prawie całkowicie nieprzystosowane (muchy posiada zupełnie inne receptory i znacznie mniejszą sieć nerwową, o odmiennym schemacie połączeń neuronów). Dlaczego my doświadczamy błękitu, a kamera video nie (skoro, podobnie jak my, ona też w jakiś sposób „rejestruje” błękit)? Dzieje się tak, ponieważ kamera nie zna pojęcia błękitu, zdefiniowanego przez miliony innych pojęć, które mogłoby być zaktywowane przez „błękitne” bodźce, i dlatego nie jest zdolna zinterpretować i zrozumieć tych bodźców jako błękitne. Do natury wrażeń wróć jeszcze w dalszej części tego rozdziału.

Sprawy jakości dotyczy (mający jakoby świadczyć o ich niezależnym i autonomicznym, nieredukowalnym do materialnej „podszewki” istnieniu) następujący eksperyment myślowy. Oto pewna kobieta, neurofizjolog imieniem Mary, jest wyśmienitym naukowcem i zajmuje się kolorami, sprawą ich szeroko pojętej natury, percepcji przez oko, podłoża fizycznego, słowem wszystkim, co nauka może o kolorach powiedzieć. Jednakże od samego urodzenia Mary pozostawała zamknięta w odizolowanym od świata pomieszczeniu, w którym wszystko, łącznie z jej ciałem, było pomalowane na kolor biały, czarny lub też różne odcienie szarości. Innymi słowami, od urodzenia zamiast w „telewizję kolorową” wyposażono ją w „telewizję czarno-białą”, rozciągając ją na cały jej świat. W trakcie swojej pracy naukowej Mary doszła do kompletnej wiedzy na temat koloru czerwonego, to znaczy do tego, jaka długość fali elektromagnetycznej mu odpowiada, które komórki w siatkówce oka są nań wrażliwe i w jaki sposób, jakie impulsy nerwowe (i w których neuro-



nach) są generowane w odpowiedzi na percepcję czerwieni i tak dalej. Jednakże Mary nie ma najmniejszego nawet pojęcia o tym, jak to jest, kiedy odbiera się subiektywne, psychiczne wrażenie czerwieni, jakiemu doznaniu odpowiada jawienie się światłu świadomości „czerwonego” qualum. Kiedy zatem w pewnym momencie wypuścimy Mary z jej czarno-białego pomieszczenia na pełen barw świat, to pierwsza percepcja czerwieni przyniesie jej nagle jakąś całkowicie nową wiedzę, której nie była w stanie osiągnąć, analizując teoretyczne, fizykalne podstawy percepcji barwy czerwonej. Miałoby to świadczyć o nietożsamości rozumienia mechanizmów powstawania jakiegoś wrażenia zmysłowego i jego subiektywnej, naocznej „zawartości”.

Powyzszy eksperyment myślowy jest interesujący z tego powodu, że, o ile płynące z niego wnioski są słuszne (gdyby nie były, to, *de facto*, subiektywne wrażenia okazałyby się tożsame z obiektywnie istniejącą materią), o tyle przesłankom i sposobowi argumentacji można zarzucić logiczną wadliwość. W istocie chodzi o zupełne niezrozumienie przez filozofów sposobu działania mechanizmów neurofizjologicznych. Czy Mary „zobaczy” czerwień po wypuszczeniu jej z czarno-białego pomieszczenia w kolorowy świat? Oczywiście – nie! Nie zobaczy czerwieni, ponieważ w ciągu jej życia nie zdołało się u niej ukształtować **pojęcie** czerwieni, a więc odpowiadająca temu pojęciu struktura asocjacyjna. Spowodowało to brak możliwości wyróżnienia i „zrozumienia” czerwoności. Co więc zobaczy Mary? Oczywiście szarość o odpowiednim natężeniu, odpowiadającym stopniowi nasycenia barwy czerwonej, tak jak ma to miejsce w czarno-białej telewizji. Jednakże szarość ta będzie, przynajmniej z początku, nieodróżnialna od szarości odpowiadającej barwie zielonej o takim samym wysyceniu. Czy Mary zyska z czasem zdolność do odróżniania i percepcji barw, do wykształcenia pojęcia na przykład czerwoności? To zależy od plastyczności jej mechanizmów neurologicznych w wieku dojrzałym, od tego, czy nie uległy degeneracji jej komórki światłoczułe odpowiedzialne za detekcję kolorów i od szeregu innych czynników. Wiele przemawia za przypuszczeniem,

że nigdy nie uzyska ona możliwości w pełni sprawnego „widzenia” kolorów. Świadczy o tym wiele obserwacji i eksperymentów neurofizjologicznych. Jeśli kota od urodzenia wychowamy w pomieszczeniu, w którym występują jedynie pionowe pasy (wszystko zostało odpowiednio pomalowane), to po wypuszczeniu na świat będzie on miał bardzo upośledzoną umiejętność postrzegania pasów, linii i konturów poziomych. Dorosły człowiek, który od urodzenia nie widział, a któremu przywrócono sprawność oczu, zamiast obrazu odbiera jedynie niezrozumiały chaos wrażeń, wzbudzający uczucie niezrozumiałego przerażenia. W czasie swego rozwoju dzieci posiadają pewne okno wiekowe (o ile dobrze pamiętam, od urodzenia do około sześciu lat), w obrębie którego są w stanie nauczyć się pierwszego języka etnicznego (uczenie się następnych języków jest znacznie łatwiejsze, ponieważ lokują się one w obrębie już ukształtowanych „struktur językowych” w sieci nerwowej). Potem dzieci nie są już w stanie opanować języka, o czym świadczy chociażby znany powszechnie przypadek Kacpra Hausera<sup>22</sup>. Najprawdopodobniej więc także Mary nie będzie zdolna dojść do w pełni sprawnej percepcji kolorów. To, że argument oparty na paradoksie Mary jest całkowicie chybiony (choć jego ogólne konkluzje wydają się być, przez przypadek, słuszne), stanowi jeden z wielu przykładów ukazujących, iż ignorancja i niezrozumienie osiągnięć nauki wiedzie filozofów na manowce.

**Myśli** pojawiają się w wyniku aktywacji pojęć w sieci pojęciowej, spowodowanej wewnętrzną, autonomiczną aktywnością mózgu. W tym przypadku pobudzone są przede wszystkim „najwyższe” obszary kory mózgowej (a więc zwłaszcza kora przedczołowa), będące nośnikiem pamięci operacyjnej. Oczywiście, przebieg myśli może być (i z reguły jest) modyfikowany i zakłócany przez wrażenia (dlatego często w celu skupienia się staramy się odciąć od sygnałów

<sup>22</sup> Na skutek zdarzeń losowych nie miał on kontaktu z językiem aż do wieku kilkunastu lat.



pochodzących ze świata zewnętrznego). Z drugiej strony, kompletne odcięcie dopływu bodźców aferentnych może doprowadzić do bardzo poważnego upośledzenia funkcji psychicznych (przeprowadzano odpowiednie eksperymenty), w tym procesu myślenia. Świadczy to o niezmiernie ważnej roli wrażeń w podtrzymywaniu i ukierunkowywaniu strumienia naszej świadomości, nawet jeżeli w danej chwili staramy się skupić na tak autonomicznej i, zdawałoby się, odciętej od świata zewnętrznego czynności jak myślenie. Pojęcia uaktywniane w procesie myślenia to z reguły pojęcia bardzo ogólne (stojące na szczycie hierarchii integracyjno-asocjacyjnej), którym daleko jest do naoczności wrażeń, i dlatego myśli wydają się być znacznie bardziej „odległe”, nieuchwytnie i rozmyte, niż wrażenia.

W podobny sposób można scharakteryzować (w obrębie mojej koncepcji) naturę innych (uświadamianych) obiektów mentalnych: wspomnień, marzeń sennych, halucynacji, emocji i tym podobnych. Wszystkie one stanowią przypadki uaktywnienia różnych pojęć w sieci pojęciowej, a różnią się między sobą tym, które obszary sieci pojęciowej (oraz leżące u jej podstawy sieci neuronalnej) zostały pobudzone i w jaki sposób (na przykład – jak intensywnie). I tak, **wspomnienia** wiążą się przede wszystkim z działalnością obszarów kory mózgowej odpowiedzialnej za gromadzenie zapisów pamięciowych (na przykład płatów skroniowych), przy czym chodzi tu głównie o pamięć epizodyczną; **sny** angażują działalność rozmaitych ośrodków w mózgu, ale ich treść nie jest „kanalizowana” przez bodźce od receptorów (jak to ma miejsce w przypadku strumienia świadomości na jawie), a poza tym jedynie niewielka część snów jest uświadamiana („pamiętana”) w momencie przebudzenia; w **halucynacjach** istotną rolę odgrywa „nienaturalne” (nie spowodowane przez sygnały od narządów zmysłów) pobudzenie kory sensorycznej (na przykład w wyniku zażycia narkotyków zaburzających pracę neurotransmiterów); z kolei **emocje** stanowią, jak już o tym mówiłem, wyraz stymulacji (lub jej braku) układu motywacyjnego (nagrody/kary) w mózgu (jego część stanowi system dopaminergiczny), a w szczególności „ośrodka” przy-

jemności i przykrości. (O ile emocje generowane są podkorowo, to, moim zdaniem, za ich subiektywną treść odpowiadają procesy zachodzące w korze mózgowej). Należy jednak pamiętać, iż (wedle prezentowanej tu koncepcji) wszystkie te rodzaje obiektów mentalnych – kiedy pojawią się w strumieniu świadomości – stanowią pewne zespoły znaczących przez konotację pojęć, a nie jakieś autonomiczne, same z siebie znaczące byty, jakościowo niewspółmierne monady.

Warto powiedzieć jeszcze parę słów o wzajemnej relacji między siecią pojęciową a językiem. W przeciwieństwie do ciągłej w zasadzie sieci pojęciowej, język składa się z wyraźnie wyodrębnionych, dyskretnych nazw. Otóż, wedle mojej koncepcji, dyskretnie nazwy języka odpowiadają tym pojęciom w sieci pojęciowej<sup>23</sup>, które są najbardziej jasne, jednoznaczne, najlepiej dookreślone (charakteryzują się największym natężeniem „pola semantycznego” ze względu na liczne relacje z innymi pojęciami). Pojęcia mgliste, ledwo uchwytnie, z trudem poddające się interpretacji nie mają swych odpowiedników w warstwie językowej. Wszelkie rodzące się idee, zanim ubrane zostaną w bogatszą szatę pojęciową, wymykają się językowi. Zasięg sieci pojęciowej jest zatem większy niż języka: o ile każdej nazwie językowej można przyporządkować jakieś pojęcie, to słabo dookreślone pojęcia, ledwie napomknienia o sensach nie mają nazw. Poza tym sam język, twór pozornie tak autonomiczny i doskonale zdefiniowany (wyodrębniony), w swej głębszej warstwie również zbudowany jest z pojęć, które leżą u podstawy nazw językowych. Rozumieć to należy w ten sposób, że zarówno sam symbol (na przykład ciąg liter składający się na jakiś wyraz), jego znaczenie (zbiór sensów desygnowany przez ten symbol), jak i relacja korespondencji (odpowiedniości) pomiędzy nimi (to znaczy między symbolem a jego znaczeniem) są ograniczone tylko i wyłącznie do (zbudowane z) sieci pojęciowej. Staje się to oczywiste w sposób auto-

<sup>23</sup> Odpowiednikami pojęć mogą być nie tylko poszczególne wyrazy, ale także całe zwroty, zdania czy też jeszcze większe fragmenty tekstu.

matyczny, kiedy przypomnimy sobie o neurofizjologicznym podłożu języka, którym jest oczywiście odpowiedni fragment sieci neuronalnej, gdzie neurony o przybliżonej, rozmytej logice znaczą wyłącznie przez konotację. Sieć pojęciowa zatem to struktura ogólniejsza i bardziej pierwotna od języka, który w pewnym istotnym sensie jest po prostu jej częścią. Dlatego to właśnie pojęcia, a nie nazwy i zdania języka, wypełniają treść naszej świadomości. Albowiem cały proces rozumienia języka dokonuje się wyłącznie na poziomie sieci pojęciowej. Język służył pierwotnie komunikacji pomiędzy dwiema świadomościami, dwiema sieciami pojęciowymi. Powstanie języka usprawniło potem, oczywiście, sam proces myślenia, jako że język jest doskonałym narzędziem do operowania całością sieci pojęciowej. Stąd wzięły się zapewne koncepcje „myślenia językowego” (np. filozofia Wittgensteina). Prawdopodobnie zresztą niemożliwe jest powstanie wyższych form myślenia i świadomości bez udziału języka. Nie zmienia to wszakże faktu, że podstawowym tworzycielem zjawisk psychicznych są nadrzędne wobec nazw językowych pojęcia.

Podsumowując powyższe, wedle mojej koncepcji wszystkie „chwilowe” obiekty mentalne wypełniające bieżący strumień naszej świadomości, takie jak wrażenia, myśli, wspomnienia, marzenia senne czy emocje, stanowią po prostu rozmaite sposoby uaktywnienia odpowiednich fragmentów sieci pojęciowej (leżącej u jej podłoża sieci neuronalnej). Wyjaśnwszy tę sprawę, chciałbym teraz zająć się nieco bliżej strukturą i właściwościami samej sieci pojęciowej, a także jej ewolucją podczas rozwoju ontogenetycznego (osobniczego) i filogenetycznego (w ramach ewolucji biologicznej) człowieka.

Zacznijmy od rozwoju osobniczego. W momencie urodzenia sieć pojęciowa człowieka ma dopiero postać zaczątkową. Trudno się temu dziwić, skoro w okresie życia płodowego do embrionu docierają jedynie bardzo nieliczne bodźce z zewnątrz, na przykład rytm bicia serca matki. Noworodek posiada jednak pewne wrodzone funkcjonalne połączenia neuronalne (schematy połączeń komórek nerwowych) nada-

jące formę strukturalnym integracyjnym, a przez to wrażeniom, predestynujące go do organizowania odbieranych przezeń bodźców we wzorce przestrzenne, czasowe, skutkowo-przyczynowe i tak dalej. A zatem pewne podstawowe sposoby organizacji wrażeń w obraz świata zewnętrznego są z góry zadane (nie wspominam już o takich podstawowych, dyskuutowanych poprzednio, mechanizmach integracji bodźców wzrokowych, jak postrzeganie ruchu, linii, konturów i barw). Nowo powstająca (na bazie napływających danych zmysłowych) sieć pojęciowa zawiera inne jeszcze załączki rozwoju, ośrodki krystalizacji. Są to pewne pierwotne osie znaczeniowe, określone przez znaczenia, wartości czysto biologiczne (można by je przeto utożsamiać z popędami). Jako przykład można tu podać osie: „sytość – głód”, „ciepło – zimno”, „poczucie bezpieczeństwa – jego brak”, „ciekawość poznawcza – jej zaspokojenie”. W każdej chwili sygnały docierające od receptorów odbierane są przez odpowiednie (funkcjonalne) ośrodki w mózgu, które na bieżąco interpretują sytuację, w jakiej znajduje się noworodek, w odniesieniu do wspomnianych osi, i bezzwłocznie informują o niej (omawiany wcześniej) ośrodek przyjemności/przykrości w mózgu. Ten z kolei wywołuje adekwatną reakcję niemowlęcia. Jeśli jest ono najedzone, czuje się bezpiecznie i zaspokoilo popęd poznawczy, zachowuje się spokojnie; w przeciwnym razie (kiedy na przykład odbierzemy mu zabawkę, którą jest właśnie zainteresowane) – krzyczy. Jednakże ośrodek przyjemności/przykrości służy nie tylko kierowaniu bieżącym zachowaniem się oseska – jest także odpowiedzialny za powiązanie skądinąd neutralnych bodźców zewnętrznych z wrodzonymi popędami, a zatem prowadzi do emocjonalnego wartościowania tych pojęć (na pozytywne i negatywne). Dziecko uczy się (poprzez wytworzenie odpowiednich struktur asocjacyjnych), które z jego działań prowadzą do zaspokojenia popędów, a także które bodźce (obiekty, właściwości) pochodzące ze świata zewnętrznego dobrze wróżą w tym względzie, a więc które z nich są „przyjazne” (a które nie). Wrodzone mechanizmy integracyjne i osie znaczeniowe różnicują zatem napływające z otoczenia (a właściwie – od na-

rządów zmysłów) sygnały, organizują je odpowiednio i segregują na pewne kategorie, będące załączkami pierwszych pojęć. Generalnie rzecz biorąc, struktury integracyjne nadają formę nowo powstającym pojęciom (strukturom asocjacyjnym), natomiast popędy prowadzą do ich wartościowania. Dyskutowane różnicowanie i organizacja odbywają się wobec już istniejących osi znaczeniowych. Z kolei nowo powstające pojęcia tworzą podwaliny następnych osi semantycznych.

W miarę rozbudowy sieci pojęciowej w trakcie rozwoju osobniczego człowieka na bazie pojęć już istniejących powstają nowe, wtórne osie znaczeniowe. Na zasadzie indukcji kolejne, regularnie powtarzające się zespoły bodźców są lokowane w odniesieniu do nich jako nowe pojęcia. W ten sposób tworzone są w sieci pojęciowej reprezentacje konkretnych, „realnych” obiektów świata zewnętrznego (odpowiadające strukturom asocjacyjnym niższego rzędu). Takie pojęcia, bezpośrednio korespondujące z prostymi „faktami” rzeczywistości, będę nazywał pojęciami pierwotnymi. Ogólne, abstrakcyjne pojęcia wtórne tworzą się (niejako na wyższym poziomie) w sposób zbliżony do pojęć pierwotnych, jako skutek „percepcji” przez umysł wielu podobnych zespołów pojęć w stosunku do nich szczegółowych (mogą to być zarówno pojęcia pierwotne, jak i pojęcia wtórne na niższym szczeblu „hierarchii abstrakcyjności”). Dużą rolę w formowaniu pojęć wtórnych odgrywają autonomiczne procesy myślenia, polegające na aktywnym kojarzeniu rozmaitych struktur asocjacyjnych, wykrywaniu w nich zbieżności, analogii, powtarzających się wzorców, ekstrakowaniu rozmaitych prawidłowości i reguł, a w końcu utrwalaniu ich w postaci struktur asocjacyjnych wyższego rzędu. Pojęcia ogólne, odpowiadające właśnie takim strukturom, nie odnoszą się bezpośrednio do „elementarnych” aspektów świata zewnętrznego, lecz raczej do rozmaitych relacji pomiędzy różnymi zbiorami takich obiektów. Mniej jest w nich niż w pojęciach pierwotnych „substancji wrazeniowej” (pochodzącej głównie z obróbki sygnałów od receptorów przez odpowiednie struktury integracyjne), większa zaś przymieszka

„komponenty subiektywnej”, będącej pochodną nie świata zewnętrznego (widzianego przez pryzmat zmysłów), lecz neurofizjologicznych mechanizmów funkcjonowania naszego mózgu.

Podsumowując: dziecko ma „wszczepione” genetycznie jedynie najbardziej podstawowe osie semantyczne o znaczeniu czysto biologicznym (popędowym) oraz ogólne mechanizmy służące porządkowaniu i integracji sygnałów ze świata zewnętrznego. Pierwsze pojęcia powstają na bazie wrażeń zmysłowych przepuszczonych przez interpretator złożony z tychże osi i mechanizmów. Rozwój sieci pojęciowej w trakcie życia osobniczego opiera się na kilku podstawowych zasadach. Ogólne prawidłowości rozbudowy sieci pojęciowej, o które mi chodzi, to: „rozwarstwianie się” pojęć istniejących na pojęcia bardziej szczegółowe, lokowanie nowych pojęć w sieci pojęciowej przez indukcję, wielokrotna percepcja pewnych zespołów wrażeń lub pojęć szczegółowych, wreszcie dookreślanie (uwyrażnianie) pojęć już istniejących. Procesy te są ściśle ze sobą powiązane, stanowią w zasadzie rozmaite przejawy jednego i tego samego procesu.

Można by się pokusić o arbitralne wyróżnienie pięciu głównych aspektów ewolucji sieci pojęciowej podczas rozwoju osobniczego człowieka. Są to: przyrost ilościowy, pojawienie się pewnej nadmiarowości względem czysto „naocznego” przedstawienia świata, uczenie się, opanowanie języka oraz powstanie (samo)świadomości.

Fakt ilościowego rozwoju sieci pojęciowej od momentu narodzin do osiągnięcia dojrzałości nie wymaga chyba szerszego uzasadnienia. Jak przed chwilą wspomniałem, noworodek wyposażony jest jedynie w kilka wrodzonych osi semantycznych oraz ogólne mechanizmy integrujące bodźce zmysłowe, natomiast całe ogromne bogactwo sieci pojęciowej dorosłego człowieka każdy z nas zna z introspekcji. Co do wytworzenia pewnej nadmiarowości względem czysto „naocznego” oglądu świata, chodzi tu głównie o pojawienie się pojęć wtórnych w wyniku autonomicznych procesów przetwarzania informacji „wysokiego rzędu” zachodzących w mózgu – myślenia.

Ponieważ praktycznie całą sieć pojęciową nabywamy w trakcie naszej ontogenezy, musi ona powstawać w procesie uczenia się. Uczyć się można na wiele sposobów: przez obserwację, naśladowanie, metodą prób i błędów, wreszcie – za pośrednictwem przekazów językowych, tak ustnych jak i pisemnych. To, jakie drogi uczenia się są człowiekowi dostępne, zależy od stopnia rozwoju jego sieci pojęciowej. Niemowlę, posiadające zaledwie jej zaczątki, zdolne jest jedynie do biernego obserwowania otaczającej rzeczywistości. Elementy tej rzeczywistości stopniowo nabierają dlań różnego znaczenia, w zależności od tego, jaki mają związek z realizacją czysto biologicznych popędów (zaspokojenia głodu, poczucia bezpieczeństwa etc.). Mając już pewne rozpoznanie świata, można zacząć na nim eksperymentować, na przykład przemieszczać się w nim lub poruszać rozmaite przedmioty (przy tej okazji rozwija się część sieci pojęciowej związana z układem motorycznym). Pomaga to w rozwoju przestrzennego obrazu świata i poznaniu jego właściwości. Uczenie się metodą prób i błędów stanowi właściwie metodę czynnej percepcji, gdzie obserwuje się własne, początkowo czysto przypadkowe działania i reakcję świata na nie (siłą napędową jest tu oczywiście popęd poznawczy). Nic więc dziwnego, że niemowlę wykazuje zainteresowanie każdą nową zabawką, a wszystkie przedmioty, które znajdują się w jego zasięgu, pakuje obowiązkowo do buzi (smak i węch to bardzo pierwotne zmysły, zarówno w ewolucji biologicznej, jak i rozwoju osobniczym). Bardziej zaawansowana droga zdobywania wiedzy przez naśladowanie rodziców lub innych osób dorosłych wymaga już pewnego zrozumienia świata, a więc stosunkowo rozwiniętej sieci pojęciowej.

Efektywność procesów uczenia się wzrasta niepomiaralnie po opanowaniu umiejętności posługiwania się systemem sztucznych symboli, jakim jest język. Język, sam będąc (w swej warstwie semantycznej) częścią sieci pojęciowej, ogromnie usprawnia posługiwanie się ową siecią. Nazwy językowe pomagają w „identyfikacji” najlepiej dookreślonych pojęć, które właśnie posiadają odpowiednie etykiety w postaci nazw. Reguły składniowe są użyteczne w odpo-

wiednim porządkowaniu nazw (a zatem także odpowiadających im pojęć) i tworzeniu z nich określonych struktur. Język, jako powszechna konwencja społeczna, pozwala na przekładanie jedna na drugą sieci pojęciowych różnych osobników. Nowe informacje i związane z nimi pojęcia lokowane są szybko i efektywnie w istniejących strukturach semantycznych, nie ma zatem potrzeby uczenia się ich przez bezpośrednie doświadczenie. Przyspiesza to ogromnie proces uczenia się, czyli rozbudowy sieci pojęciowej. Dodatkową oczywistą zaletą języka jest fakt, iż pozwala on przekazywać informacje na odległość, zarówno w czasie, jak i przestrzeni.

Każdy język etniczny nie tylko stymuluje rozwój sieci pojęciowej i utworzonego w jej obrębie obrazu świata, ale także, poprzez swoją strukturę gramatyczną, obraz ten w dużym stopniu kształtuje. Struktura świata jest jedna, natomiast struktury poszczególnych języków różnią się pomiędzy sobą, często wręcz drastycznie. Znane są języki, które nie zawierają czasowników (w naszym rozumieniu tego terminu), a więc znaczenie czasowości w obrazie świata ich użytkowników jest odmienne niż w naszym. Języki, w których istnieją nazwy dla tylko dwóch kolorów lub trzech liczb, w oczywisty sposób warunkują widzenie świata. W jeszcze innych językach nazwy obiektów są składowymi przysługującymi im cech – na przykład zarówno drzewo, jak i ręka mają w swych nazwach człon oznaczający rozgałęzienie. Odmierna struktura oznacza odmienną logikę języka i sieci pojęciowej (oraz widzianego przez ich pryzmat świata). Zatem ostateczna postać sieci pojęciowej zależy w dużej mierze od tego, w jakim języku (i, szerzej, kulturze) powstała.

(Samo)świadomość (subiektywna sfera psychiczna) u noworodka jest obecna w postaci szczątkowej, a może nawet nie występuje w ogóle. Świadomość musi zatem rozwinąć się (wyłonić jako epifenomen pewnego konkretnego sposobu funkcjonowania sieci nerwowej) w trakcie ontogenezy człowieka. Jest to oczywiście proces stopniowy i dokładnego momentu powstania świadomości nie da się w sposób niearbitralny określić. Nie miałyby to zresztą wielkiego sensu,



podobnie jak w przypadku próby wyznaczenia chwili, w której nasiono przekształca się w dorosłe drzewo. W rozdziale 6 wyjaśnię, na czym moim zdaniem polega istota i powstanie (samo)świadomości.

Chociaż, jak to opisałem powyżej, „ostateczna” sieć pojęciowa (i, oczywiście, leżąca u jej podstawy sieć neuronalna) dorosłego człowieka jest w każdym konkretnym przypadku wynikiem sumy doświadczeń życiowych (odebranych zespołów bodźców), to jednak jej ogólna struktura oraz predyspozycje rozwoju zakodowane są genetycznie. Te ostatnie cechy musiały zatem powstać w wyniku stopniowego rozwoju w trakcie ewolucji biologicznej z ich odpowiedników u naszych przodków, którzy charakteryzowali się prostszą budową ciała i mniej zawansowanym mózgiem, a wobec tego musieli także posiadać mniejszą i mniej skomplikowaną sieć pojęciową.

Podobnie jak w przypadku rozbudowy sieci pojęciowej w trakcie rozwoju osobniczego, można wymienić pięć aspektów rozwoju sieci pojęciowej w trakcie ewolucji biologicznej: wzrost ilościowy, pojawienie się nadmiarowości, nabywanie i rozwijanie rozmaitych sposobów uczenia się, przyswojenie posługiwania się językiem symbolicznym oraz wyłonienie się (samo)świadomości. O jakichkolwiek, najmniejszych chociażby załączkach sieci pojęciowej możemy mówić dopiero u organizmów posiadających jakąś, choćby skrajnie prostą, sieć neuronalną. Jak już powiedziałem, pojawia się ona po raz pierwszy u jamochłonów. Zatem takie organizmy wielokomórkowe jak gąbki czy *Mesozoa*, a także cały świat roślin, grzybów oraz organizmów jednokomórkowych (pierwotniaków, glonów, bakterii), nie wchodzi w ogóle w rachubę w rozważaniach nad korzeniami *psyche*.

Sieć pojęciowa startowała w ewolucji biologicznej od skrajnie prostych zaczątków. Jej postać była wtedy w ogromnej mierze wrodzona, a jej funkcję stanowiło proste „przekodowywanie” bodźców ze środowiska na zachowanie się zwierzęcia. Miała więc ona „znaczenie” czysto biologiczne. U naszych dawniejszych przodków zarówno zestaw bodźców, na jakie reagowali, jak i repertuar zachowań w odpo-

wiedzi na nie były bardzo ubogie. Odpowiednio do tego ich sieci pojęciowe charakteryzowały się małym poziomem komplikacji, a same pojęcia cechowała prostota i bardzo niski stopień dookreślenia (zdeteminowany, jak o tym powiedziałem wcześniej, poprzez ilość relacji semantycznych z innymi pojęciami). Jakub von Uexkül podaje jako przykład kleszcza (nie należącego, co prawda, do naszych przodków), którego całe życie polega na wdrapaniu się na jakieś drzewo, oczekiwaniu (często przez kilkanaście lat) na przechodzące pod nim zwierzę – potencjalnego żywiciela, spadnięciu na nie oraz znalezieniu na jego ciele odpowiedniego miejsca do pobierania krwi. Dla kleszcza pojęcie „żywiciel” ogranicza się właściwie do woni kwasu masłowego (sygnał do spadnięcia z drzewa), ciepłoty ciała oraz smaku krwi. „Świat” kleszcza, a więc właśnie jego sieć pojęciowa, jest bardzo ubogi. Dla niego pojęcie „sarna” to kombinacja kilku prostych wrażeń zmysłowych. Dla nas to samo pojęcie (mające ten sam desygnat w świecie zewnętrznym) jest zdefiniowane przez mnóstwo innych pojęć, dotyczących wyglądu i zachowania się sarny, jej pozycji systematycznej, budowy anatomicznej, fizjologii, biochemii (a nawet faktu, że zachowaniem składających się na sarnę atomów rządzi mechanika kwantowa), aspektów kulturowych (np. myślistwo) i tym podobnych. Kontekstem semantycznym dla pojęcia sarny, czymś co je „definiuje”, jest więc u człowieka praktycznie cała jego sieć pojęciowa złożona z pojęć – węzłów. U kleszcza sieć ta ma zaledwie parę węzłów. Nic więc dziwnego, że „psychika” kleszcza wydaje się zupełnie nieporównywalna do ludzkiej. Podobny stopień komplikacji sieci pojęciowej cechował najprawdopodobniej naszych odległych przodków. Nie ma więc innego wytłumaczenia jak to, że ludzka sieć pojęciowa (wraz z zawartym w niej niezmiernie bogatym obrazem świata) powstała w trakcie ewolucji biologicznej, rozwinęła się krok po kroku z jakiejś prymitywnej sieci pojęciowej porównywalnej z siecią pojęciową kleszcza.

O ile pierwsze, najprostsze sieci pojęciowe służyły w zasadzie głównie automatycznemu „przekładaniu” bodźców środowiskowych na zachowanie zwierzęcia, to w sieciach bar-



dzień zaawansowanych w rozwoju pojawiła się swego rodzaju „nadmiarowość” względem tej funkcji: reakcja na bodziec ulegała pewnemu upośrednieniu, opóźnieniu potrzebnemu na „skonfrontowanie” danego bodźca z już posiadanym w obrębie sieci pojęciowej obrazem świata i na podjęcie właściwej decyzji. Relacja bodziec–reakcja stała się przez to (przynajmniej pozornie) mniej zdeterminowana, a procesy asocjacyjne kojarzące dane napływające od receptorów z odpowiednimi fragmentami sieci pojęciowej stanowiły zaczątki procesów myślenia. Procesy te potem jeszcze bardziej się usamodzielniały – do ich wywołania nie był potrzebny żaden wyraźny bodziec środowiskowy, wystarczyła sama autonomiczna działalność mózgu mająca na celu planowanie działań i podejmowanie decyzji.

„Pamiętki” po rozmaitych etapach rozwoju sieci pojęciowej możemy nawet dzisiaj odnaleźć u człowieka i wyższych ssaków. I tak, odruch bezwarunkowy u człowieka (na przykład automatyczne cofanie ręki po dotknięciu gorącego przedmiotu) to nabytek bardzo stary ewolucyjnie. Można go odnaleźć u najprostszych organizmów wyposażonych w układ nerwowy (proszę sobie przypomnieć naszego ukwiała!), a u człowieka jest on w całości „obsługiwany” przez rdzeń kręgowy, bez jakiegokolwiek angażowania mózgu (oczywiście, mózg wraz ze świadomością jest o całym zajściu informowany po fakcie, kiedy odruch zostanie już zrealizowany). Nieco wyższą formę powiązania bodźca z reakcją stanowi odruch warunkowy, odkryty przez Pawłowa. Uczony ten zaobserwował, że jeśli podawaniu psu pożywienia (co powoduje wydzielanie śliny) zawsze będzie towarzyszył sygnał dźwiękowy, to po jakimś czasie już sam ten sygnał wywoła wydzielanie śliny. Warunkowanie polega tu na skojarzeniu bodźca neutralnego biologicznie (dźwięk) z bodźcem biologicznie istotnym (obecność pożywienia) oraz z celową reakcją na ten bodziec (wydzielanie śliny); jest to piękny przykład prostej struktury asocjacyjnej. Podobne „bezrefleksyjne” warunkowanie można także wytworzyć u człowieka, lecz jest ono obecne już u całkiem prostych organizmów, na przykład u ślimaków. Z drugiej strony, repertuar

behavioralny większości zwierząt właściwie nie wychodzi ponad ten poziom. „Nadmiarowość” ich sieci pojęciowych ma więc ciągle rudymenarny charakter. „Właściwe” procesy myślenia (choć trudno wyznaczyć tu jakąś jednoznacznie granicę oddzielającą myślenie od niemyślenia), polegające na radzeniu sobie z całkowicie nowymi sytuacjami i rozwiązywaniu wieloczynnikowych problemów w wyniku autonomicznej działalności mózgu, która „modeluje” rozmaite działania przewidując ich wynik, pojawiają się dopiero u zwierząt zawiązanych ewolucyjnie (wyższych strunowców i głowonogów, a w bardziej wyrazistej formie u małych czelakształtnych i delfinów). Jak wspomniałem, niezbędne są do tego pojęcia wtórne, odzwierciedlające (w obrębie obrazu świata utworzonego w sieci pojęciowej) reguły rządzące różnymi obiektami w zewnętrznej rzeczywistości.

Pojawienie się nadmiarowości względem funkcji bezpośredniego przekładania odbieranego zestawu bodźców na behavior zwierzęcia wiązało się nierozdzielnie ze zmianą proporcji między wrodzoną a nabytą w trakcie rozwoju osobniczego częścią repertuaru zachowań oraz integracji i interpretacji wrażeń zmysłowych; u wyżej rozwiniętych zwierząt ta ostatnia zaczęła wyraźnie dominować. Wiązało się to z rozwojem procesów zapisu pamięciowego. „Ostateczny” schemat sieci pojęciowej był w coraz mniejszym stopniu determinowany genetycznie, w coraz większym zaś kształtowany przez procesy uczenia się, co istotnie wzmagало dynamikę i elastyczność tej sieci. Sprzyjała temu opieka nad potomstwem, kiedy to rodzice stanowili rodzaj buforu, osłony behavioralnej dla młodego osobnika, niwelując wszelkie zagrożenia ze strony środowiska, dostarczając mu pokarm oraz ułatwiając nabywanie doświadczeń (zwłaszcza przez bezpośredni przekaz informacji), do czasu osiągnięcia przez niego dojrzałości. Umożliwiało to przyjście na świat młodego osobnika wyposażonego jedynie we „wrodzony” (genetycznie zdeterminowany) załączek sieci pojęciowej. Cała reszta sieci pojęciowej była następnie nabywana podczas rozwoju osobniczego.

Ten sposób formowania się sieci pojęciowej sprawiał, że różniła się ona bardzo znacznie od sieci pojęciowej niższych zwierząt, w przeważającej większości zakodowanej genetycznie. Przede wszystkim sieć pojęciowa nabyta w trakcie uczenia się mogła być znacznie większa i bardziej zróżnicowana, a to dlatego, iż pojemność informacji genetycznej, chociaż ogromna, jest o wiele rzędów wielkości mniejsza niż ilość informacji zawarta w mózgu dorosłego ssaka, nie mówiąc już o ludzkim. Mózg ludzki zawiera około stu miliardów neuronów, z których potencjalnie każdy mógłby się łączyć (funkcjonalnie, za pośrednictwem synaps) z każdym innym, co daje niewyobrażalną wręcz, astronomiczną liczbę możliwych kombinacji połączeń. Ilość informacji zawartej w połączeniach rzeczywiście zrealizowanych w mózgu dorosłego człowieka jest także niebotyczna (przeprowadziłem zgrubne obliczenia, które dały liczbę przerażająco wielką). Gdyby DNA wszystkich chromosomów człowieka służyło jedynie określeniu połączeń między poszczególnymi neuronami w mózgu (oczywiście, w rzeczywistości ma ono do zrealizowania nieprzebrane morze innych funkcji), to i tak jedynie bardzo niewielki fragment mózgu dorosłego człowieka mógłby być zakodowany w ten sposób. Stąd prosty wniosek, że większe sieci pojęciowe mogą powstawać jedynie na drodze uczenia się.

Jak już wspominałem, proces uczenia się może przebiegać metodą prób i błędów, metodą obserwacji, metodą indukcji (wykrywanie regularności w odbieranych zespołach bodźców pochodzących ze świata zewnętrznego), albo też na drodze naśladowania rodziców i innych dorosłych osobników. Zaletą takiego uczenia się (w opozycji do „uczenia się” w trakcie ewolucji biologicznej) jest szybkość (cały proces zawiera się w życiu osobnika) oraz elastyczność i nadmiarowość, pozwalająca reagować adekwatnie na nieprzewidywalne i nigdy wcześniej nie napotkane sytuacje oraz na specyficzne cechy konkretnego środowiska zamieszkiwanego przez danego osobnika. Wrodzone schematy sieci nerwowych (i pojęciowych) także powstawały metodą prób i błędów (w procesie ewolucji biologicznej), poprzez mutacje

w zapisie genetycznym powodujące powstawanie rozmaitych wariantów sieci pojęciowych mniej lub bardziej adekwatnie odzwierciedlających ważne biologicznie aspekty świata. Warianty te były następnie przepuszczane przez sito doboru naturalnego – jedynie najbardziej udane z nich mogły przetrwać i ulegać dalszej ewolucji. Jednakże ta droga „uczenia się” jest bardzo powolna (nabywanie pamięci ewolucyjnej mierzone jest czasem geologicznym), mało efektywna, a powstałe w jej wyniku sieci pojęciowe są sztywne i całkowicie niepodatne na korygowanie w trakcie rozwoju osobniczego (nie uwzględniające przez to krótkotrwałych zmian środowiskowych oraz różnorodności siedlisk, w których żyje dany gatunek). Brak konieczności posiadania genetycznego zapisu struktury całej sieci nerwowej (a więc i pojęciowej) stwarza możliwość znacznie szybszej ewolucji układu nerwowego, zwłaszcza mózgu. Uczenie się, jako nabywanie doświadczenia w trakcie rozwoju osobniczego, sprzyja kształtowaniu się procesów myślenia jako autonomicznej aktywności sieci nerwowej. Sieć pojęciowa powstała w wyniku uczenia się jest więc zatem bogatsza, bardziej elastyczna, szybciej ewoluująca, wyposażona w autonomiczną aktywność i lepiej odwzorowująca świat zewnętrzny niż sieć pojęciowa w całości zaprogramowana genetycznie.

W najnowszej historii ewolucyjnej człowieka wielką rolę w rozwoju sieci pojęciowej odegrał język oraz – szerzej – zachodzący głównie za pośrednictwem języka przekaz kulturowy. Każdy język etniczny stanowi oczywiście jeden z elementów danej kultury, ale jest to element z pewnością wyróżniony. Po pierwsze, jak wcześniej wspominałem, język nie tylko znakomicie ułatwia operowanie siecią pojęciową danego osobnika, ale także pozwala na (przybliżone co prawda) przekładanie na siebie sieci pojęciowych różnych osobników (czyli komunikację). Po drugie, co także było już omawiane, struktura gramatyczna każdego języka kształtuje do pewnego stopnia strukturę obrazu świata w sieci pojęciowej, a więc także formę, jaką przyjmują bazujące na niej procesy myślenia. Po trzecie wreszcie, język staje się nowym, równoległym do biologicznego, kanałem przekazywa-

nia informacji zarówno wertykalnie (z pokolenia na pokolenie), jak i horyzontalnie (pomiędzy osobnikami tego samego pokolenia). To, co jest przedmiotem przekazu, to w istocie sama treść, zawartość danej kultury, lub – jak ją nazwałem w książce *Trzy ewolucje* – sieć pojęciowa kultury, rozumiana jako coś w rodzaju Popperowskiego trzeciego świata. W ten sposób nowy członek społeczeństwa dziedziczy doświadczenia, wynalazki, lecz także mity i przesady zgromadzone przez całe pokolenia jego przodków. Dochodzi więc, z jednej strony, do kumulacji wiedzy o świecie realnym i rozmaitych praktycznych umiejętności, z drugiej zaś – do rozwoju „akcydentalnych” przypadłości kultury: religii, rytuałów, sztuki i tym podobnych.

Ostatnim aspektem wspólnego rozwoju sieci nerwowej i sieci pojęciowej w trakcie ewolucji biologicznej było wyłonienie się (u człowieka i, być może, w formie zaczątkowej u niektórych zwierząt) (samo)świadomości, czyli subiektywnej sfery odczuć psychicznych. Ponieważ było to wydarzenie przełomowe, prowadzące do powstania trzeciego (po fizycznym i biologicznym) poziomu rzeczywistości, poświęcę mu cały następny rozdział.

## POWSTANIE I ISTOTA (SAMO)ŚWIADOMOŚCI

Zacznę od tego, że świadomość rozumianą jako zjawisko psychiczne, jako subiektywne odczucie przez podmiot istnienia jakiegoś, zewnętrznego w stosunku do niego, przedmiotu, uważam za pochodną samoświadomości, czyli poczucia własnego „ja”, albowiem to właśnie poczucie własnego „ja” stanowi o istocie subiektywnego podmiotu. Jednocześnie chciałbym jasno oddzielić świadomość „psychiczną” od świadomości „instrumentalnej”. Te dwa rozumienia świadomości są często ze sobą mieszane, szczególnie w literaturze anglojęzycznej, gdzie sytuację pogarsza dodatkowo fakt, że w języku angielskim na oznaczenie świadomości istnieją dwa, w dużym stopniu pokrywające się semantycznie, słowa: *consciousness* i *awareness*. Świadomość psychiczna jest zjawiskiem mentalnym należącym do trzeciego z wyodrębnionych przeze mnie (po fizycznym i biologicznym) poziomów rzeczywistości, a zatem – kategoryalnie wyróżnionym, natomiast świadomość instrumentalna to po prostu świadomość czegoś przez coś, utworzenie reprezentacji przedmiotu, który jest uświadamiany, w obrębie podmiotu, który go sobie uświadamia. Świadomość psychiczna musi oczywiście mieścić w sobie świadomość instrumentalną, ale, moim zdaniem, musi w sobie zawierać coś jeszcze, jakiś element, który powoduje wyłonienie się sfery subiektywnych odczuć naszego umysłu z czysto biologicznego (neurofizjologicznego) funkcjonowania sieci neuronalnej leżącej u jej podłoża.

Od razu na wstępie zastrzegam, że jedynie psychiczne podejście do świadomości uważam za sensowne i płodne heurystycznie, natomiast jej rozumienie instrumentalne wydaje mi się mgliste, nic nie wnoszące i wprowadzające niepotrzebne zamieszanie terminologiczne. Zaraz wyjaśnię, dlaczego. Co to właściwie znaczy, że dany „podmiot”, uświadamiający sobie jakiś „przedmiot”, tworzy w swoim obrębie obraz czy reprezentację tego ostatniego? Oczywiście, zaraz przychodzi nam na myśl na przykład czerwona róża, której obecność uświadamiamy sobie poprzez jej wygląd, zapach i dotyk. Istnieje tu obiekt ze świata zewnętrznego oraz odbicie (mniej lub bardziej dokładne, mniejsza o to) jego obecności w naszym umyśle, a więc, mówiąc potocznie, jesteśmy świadomi róży. Możemy ten fakt odpowiednio wykorzystać, na przykład zerwać ową różę i podarować drogiej nam istocie. Czyż to nie wystarczy do satysfakcjonującego zdefiniowania świadomości?

Niestety, sprawa nie jest taka prosta. Powyższa definicja, opierająca się na pojęciu reprezentacji, nic nie mówi o kwestii absolutnie najważniejszej: dlaczego mianowicie świadomość czerwonej róży w naszym mózgu jest **subiektywnym fenomenem psychicznym**, który odbieramy introspektywnie jako element naszego umysłu, a nie świata zewnętrznego (materii). Przecież, zgodnie z wcześniejszym wywodem, wrażenie róży to nic innego jak odpowiednie pobudzenie pojęcia róży w sieci pojęciowej przez bodźce napływające od receptorów, a w kontekście sieci neuronalnej – aktywacja adekwatnej struktury asocjacyjnej. Co sprawia, że z czysto fizycznego przecież krążenia impulsów w sieci komórek nerwowych wyłania się nagle, właśnie w tym, a nie w innych przypadkach, sfera odczuć subiektywnych?

Instrumentalna definicja świadomości, oparta na relacji reprezentacji, stosuje się do wielu przypadków, w których nawet nie przyszłoby nam do głowy mówić o subiektywnej sferze psychicznej. Weźmy aparat fotograficzny. Przecież, zgodnie z tą definicją, klisza światłoczuła jest w pewnym sensie „świadoma” określonego fragmentu świata zewnętrznego, na który skierowany został obiektyw aparatu, jako że

zawiera jego reprezentację w postaci odpowiedniego wzoru przestrzennego naświetlonych ziaren emulsji fotograficznej. Nazwijmy ten rodzaj świadomości instrumentalnej bierną świadomością statyczną. Chyba każdy przyzna, że nie o taką świadomość chodziło nam w przypadku ludzkiego umysłu.

Może więc chodzi o to, że „świadomość” aparatu fotograficznego nie uwzględnia zmian obrazu w czasie? Dobrze, zastąpmy aparat fotograficzny kamerą wideo, która zmiany takie rejestruje. Nazwijmy jej świadomość instrumentalną bierną świadomością dynamiczną. Nadal dzieli ją przepaść od naszej ludzkiej świadomości.

Aparat fotograficzny i kamera wideo wiernie rejestrowały pewne aspekty rzeczywistości, nic jednak z nimi nie robiąc, do niczego ich nie wykorzystując. Może więc świadomość pojawia się dopiero wtedy, gdy jej obecność warunkuje wywarcie jakiegoś konkretnego skutku i/lub osiągnięcie jakiegoś określonego celu? Przeanalizujmy działanie termostatu w lodówce, który reguluje temperaturę na zasadzie sprzężenia zwrotnego ujemnego. Rejestruje on bieżącą wartość temperatury (a więc jest jej w sposób instrumentalny świadom – temperaturę reprezentuje tu odpowiednie wygięcie paska sklejonego z dwóch metali o różnej rozszerzalności cieplnej) i w razie jej wzrostu powyżej temperatury zadanej włącza urządzenie chłodnicze. Powiedzmy, że jest to świadomość regulacyjna, i od razu dodajmy, iż nie satysfakcjonuje nas ona jako coś kategoriałnie odpowiadającego ludzkiej świadomości (o ile mi wiadomo, lodówka nie przeżywa subiektywnych stanów psychicznych związanych z aktualną wartością temperatury).

Z podobną świadomością regulacyjną, acz w znacznie bardziej skomplikowanej postaci, mamy do czynienia w przypadku „odczuwania” przez bakterię obecności laktozy w środowisku i odpowiedniego reagowania na nią (omawiana wcześniej teoria operonu). Pojawienie się tego cukru uruchamia cały łańcuch procesów biochemiczno-genetycznych, syntetyzowane są enzymy szlaku katabolizującego laktozę i w końcu jest ona zużywana jako budulec i/lub substrat energetyczny. Cały proces jest znacznie bardziej złożony niż

w wypadku działania termostatu, ale w końcu jest to różnica jedynie ilościowa. Utylizacja laktozy przez bakterię, w przeciwieństwie do utrzymywania stałej temperatury w lodówce, ma sens biologiczno-ewolucyjny jako celowy proces zwiększający szansę przeżycia i szybkość wzrostu oraz rozmnażania się bakterii. Obecność laktozy jest tu ponadto uświadamiana przez całą sieć procesów/mechanizmów regulacyjnych na poziomie biochemicznym i genetycznym. Choć wydaje się to krokiem w kierunku świadomości ludzkiej, także opartej na sieci (co prawda neuronalnej, a nie biochemiczno-genetycznej) charakteryzującej się biologiczną celowością i zawierającej w swej strukturze pewne (funkcjonalne) odbicie niektórych aspektów zewnętrznego świata, to droga do świadomości psychicznej wciąż jest jeszcze bardzo daleka.

Może więc już samo uświadomienie sobie czegokolwiek przez jakąkolwiek sieć neuronalną wystarczy, aby powstały subiektywne doznania psychiczne? Wydaje się to mało prawdopodobne ze względów zasadniczych, trudno bowiem znaleźć w sieci komórek nerwowych coś takiego, co byłoby – z jednej strony – nieobecne w sieci biochemiczno-genetycznej, a z drugiej strony – prowadziło do automatycznego wyłonienia się sfery subiektywnej. Jeśli komuś to nie wystarczy, proszę wspomnieć przykład jamochłonów, które mają bardzo prosty „układ nerwowy” złożony z luźno rozrzuconych komórek neuronopodobnych, a w skrajnych przypadkach ograniczony do jednej tylko komórki. Układ ten jest odpowiedzialny za kurczenie się polipa w wyniku dotknięcia go przez jakiś obiekt. Czy jednak naprawdę polip przeżywa subiektywne doznanie obecności tego obiektu? Chyba mało kto zgodziłby się na taką diagnozę.

Wydaje się również nieprawdopodobne, iż wyłonienie się subiektywnej sfery psychicznej związane jest jedynie z wystarczająco dużą wielkością i stopniem skomplikowania sieci nerwowej. Problem polega na tym, że ponownie rozważamy tylko różnice ilościowe, a nie jakościowe. Sieć neuronalna żaby, o wiele bardziej rozwinięta niż sieć ukwiała, jest z pewnością świadoma w sposób instrumentalny na przykład

obrazu muchy na siatkówce oka żaby, poprzez uaktywnienie pojęcia „muchy” w jej sieci pojęciowej. Sytuacja ta wydaje się więc być całkowicie analogiczna do uświadamiania sobie róży przez mózg człowieka, od czego zaczęliśmy cały wywód. A jednak, chociaż introspekcyjnie odbieramy subiektywne doznanie róży, jesteśmy raczej skłonni odmówić tego rodzaju doznań żabie. Przyczyna tego stanu rzeczy nie leży, jak się wydaje, w ilości – gdybyśmy po prostu zwielokrotnili liczbę neuronów w mózgu żaby do poziomu występującego u człowieka, najprawdopodobniej (przynajmniej w mojej opinii) żaba nie zostałaby „uduchowiona”.

Instrumentalna, „reprezentacyjna” koncepcja świadomości okazuje się zatem bezradna wobec wyjaśnienia tego, co w ludzkiej świadomości najważniejsze: istnienia sfery subiektywnej. Wedle tej koncepcji świadomość aparatu fotograficznego, kamery wideo, bakterii, ukwiała, żaby i człowieka to pojęcia należące do tej samej kategorii, różniące się przede wszystkim ilościowo, stopniem złożoności. A jednak to właśnie wyjątkowość ludzkiej świadomości domaga się wyjaśnień – przyznanie statusu świadomości pozostałym przypadkom wydaje się zabiegiem zupełnie nieuprawnionym intelektualnie i wprowadzającym niepotrzebny zamęt semantyczny. Nasuwa się zatem nieodparty wniosek, iż dla wyłonienia się psychicznego poziomu rzeczywistości z neurofizjologicznej aktywności mózgu kluczowy jest nie tyle **stopień**, co **rodzaj** skomplikowania i uorganizowania świadomego podmiotu (jego sieci komórek nerwowych). Musi powstać odpowiedni SYSTEM. Na tym założeniu oparta jest moja koncepcja istoty świadomości psychicznej i samoświadomości, którą teraz zamierzam przedstawić.

Otóż, moim zdaniem, ową nową jakością, specyficznym sposobem funkcjonalnego uorganizowania sieci neuronalnej, który doprowadził do wyłonienia się samoświadomości i tym samym świadomości psychicznej, była relacja **nakierowania na siebie**, lub też, bardziej ogólnie, **samostosowalności**. Na poziomie sieci pojęciowej oznaczało to uformowanie się w jej obrębie podmiotu zdolnego do śledzenia procesów zachodzących w tejże sieci łącznie z samym sobą, nakierowa-



nie aparatu poznawczego, który dotychczas odbierał jedynie obraz świata ukształtowany w sieci pojęciowej, na samego siebie, swój własny obraz w tejże sieci. Właśnie to zdarzenie doprowadziło do wyłonienia się trzeciego – psychicznego – poziomu rzeczywistości, obejmującego całą sferę subiektywnych odczuć w naszym umyśle.

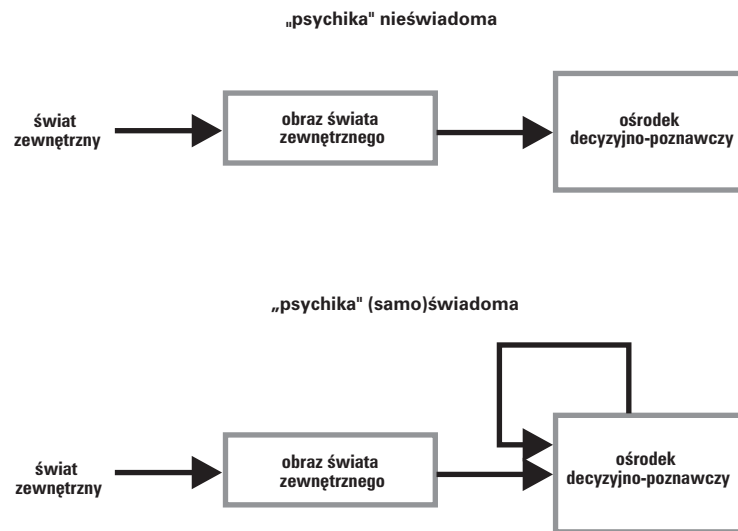
Rozumieć to należy następująco. W trakcie ewolucji powstał w mózgu pewien poznawczo-decyzyjny „ośrodek” (oczywiście, raczej funkcjonalny niż dający się łatwo wyodrębnić anatomicznie) porównujący dane napływające od receptorów z zapisami pamięci, koordynujący rozmaite funkcje centralnego układu nerwowego i podejmujący decyzje o stymulacji efektorów. Ośrodek ten (zapewne rozproszony po sporej części kory mózgowej, a w szczególności kory przedczołowej – siedliska „pamięci operacyjnej”) konfrontuje zatem sygnały z otoczenia z już istniejącą siecią pojęciową, ukształtowaną w jej obrębie obrazem świata. Na poziomie sieci neuronalnej jego działalność polega na aktywacji, tworzeniu i modyfikacji struktur asocjacyjnych niższego i wyższego rzędu. W jego działaniu istotną rolę odgrywa autonomiczna aktywność kory mózgowej, czyli procesy myślenia. Jeżeli wyodrębnimy go arbitralnie jako względnie dobrze izolowany system, to wejściami tego systemu będą receptory i partie sieci nerwowej (przede wszystkim kora sensoryczna, zawierająca struktury integracyjne) obrabiające dane od nich pochodzące, a także istniejące zapisy pamięciowe. Otóż powstanie świadomości psychicznej (równoważnej samoświadomości) polegałoby na nakierowaniu części wejść tego systemu na siebie samego, czyli na samorozpoznaniu się procesów zachodzących we wspomnianym ośrodku. Procesy te „obrabiałyby” także same siebie, tak jak wcześniej obrabiały dane pochodzące od receptorów (lub, jak w czasie snu, głównie z epizodycznych zapisów pamięciowych). **Wspomniany ośrodek poznawczo-decyzyjny, oprócz obrazu świata zewnętrznego, utworzył w swoim obrębie także obraz samego siebie.** Innymi słowy, ośrodek ten rzutuje (odwzorowuje) siebie w siebie, tworzy w swoim obrębie własny model. Jest to więc w istocie relacja samosto-

sowalności, analogiczna w dużym stopniu do podobnej relacji zachodzącej w paradoksie kłamcy<sup>24</sup>, antynomii klas Russella, dowodzie Gödla czy też leżącej u podstaw logiki „Paragrafu 22”. Psychicznym korelatem tego stanu rzeczy było pojawienie się w obrębie sieci pojęciowej pojęcia „ego” („ja”), a w rezultacie – pozorne rozwarstwienie się całej sieci na część „subiektywną”, nakierowaną na samą siebie i na obraz świata zewnętrznego (byłaby ona zlokalizowana głównie w korze przedczołowej), oraz część „obiektywną”, czyli tworzącą obraz świata zewnętrznego (umiejscowioną w mózgu w korze sensorycznej oraz w tej części kory skroniowej, gdzie zlokalizowane są zapisy pamięciowe, zwłaszcza epizodyczne, ale także semantyczne). **To właśnie samonakierowanie na siebie odpowiada subiektywnym odczuciom psychicznym.** Nic więc dziwnego, że w obrębie mojej koncepcji świadomości psychicznej jest ściśle związana z samoświadomością, będąc przez tę ostatnią warunkowana. Świadomość **psychiczna** obecności jakiegoś obiektu ze świata zewnętrznego wynika po prostu z aktu „rzutowania” (projekcji) na samego siebie „ośrodka poznawczego” w mózgu (wytwarzania w swoim obrębie własnego modelu przez ten ośrodek), który to ośrodek jest skądinąd świadomy tego obiektu w sposób **instrumentalny**. To wyjaśnia, dlaczego świadomy w sposób psychiczny jest człowiek, lecz nie ukwiał czy (najprawdopodobniej) żaba – tym ostatnim brak jest po prostu relacji samostosowalności. Różnicę pomiędzy mózgiem (i umysłem) nie posiadającym świadomości a umysłem (mózgiem) wyposażonym w (samo)świadomość przedstawia schematycznie ryc. 11.

„Siedlisko” (samo)świadomości mieści się więc, moim zdaniem, w korze przedczołowej, gdzie zachodzą zjawiska leżące u podłoża pamięci operacyjnej mózgu<sup>25</sup>. Przebiegające w jej obrębie procesy myślenia, planowania, podejmo-

<sup>24</sup> Paradoks kłamcy wyraża się w fakcie, że stwierdzenie „niniejszym kłamie” nie może być ani prawdziwe, ani fałszywe.

<sup>25</sup> Chociaż, jak to omawiałem powyżej, w generowaniu świadomości istotną rolę może odgrywać struktura pnia mózgu zwana wzgórzem.



Ryc. 11. Schematyczne porównanie relacji pomiędzy ośrodkiem poznawczo-decyzyjnym a obrazem świata w mózgu (umyśle) nieświadomym i (samo)świadomym. W mózgu (samo)świadomym ośrodek poznawczo-decyzyjny odbiera swój własny obraz oraz obraz świata zewnętrznego tym samym „kanałem”, którym ten sam ośrodek w mózgu pozbawionym świadomości odbiera jedynie obraz świata zewnętrznego. (Samo)świadomy ośrodek decyzyjno-poznawczy rzutuje (odwzorowuje) siebie w sobie, tworzy w swoim własnym obrębie model samego siebie.

wania decyzji oparte są na czasowych, krótkotrwałych strukturach asocjacyjnych (stanowiących część zawartości pamięci krótkotrwałej), które następnie mogą, choć nie muszą, ulec przeniesieniu do pamięci długotrwałej. Można by więc zaryzykować tezę, że świadomość podtrzymywana jest przez pamięć krótkotrwałą. Potwierdzałyby tę tezę fakt, iż ludzie z uszkodzonym hipokampem i pozbawieni przez to możliwości nabywania pamięci długotrwałej nadal najwyraźniej „wyposażeni są” w (samo)świadomość.

W książce *Trzy ewolucje* wyróżniłem trzy poziomy rzeczywistości: fizyczny, biologiczny i psychiczny, odżegnując się jednocześnie od ich jakiegokolwiek absolutyzacji. Argumentowałem, że sposób wyłaniania się poziomu biologicznego z poziomu fizycznego jest analogiczny do sposobu wyłania-

nia się poziomu psychicznego z poziomu biologicznego (neurofizjologicznego) i zasada się na relacji samostosowalności. Powyżej określiłem, jak to należy rozumieć w przypadku powstania świadomości, teraz więc przypomnę pokrótce, co to oznacza w odniesieniu do powstania fenomenu życia.

Z punktu widzenia cybernetyki organizm żywy można formalnie uznać za hierarchicznie uorganizowaną sieć mechanizmów regulacyjnych, głównie sprzężeń zwrotnych ujemnych, abstrahując od ich materialnej realizacji (przykładami takich mechanizmów regulacyjnych może być, omówione już powyżej, hamowanie jakiegoś szlaku metabolicznego przez produkt tego szlaku lub też regulacja stężenia glukozy we krwi przez insulinę i glukagon). Cała sieć sprzężeń zwrotnych ujemnych, konstytuująca cybernetyczną tożsamość danego żywego osobnika, służy jednemu (ewolucyjnemu) celowi – rozmnażaniu się tego organizmu, czyli powielaniu jego (w tym ujęciu: cybernetycznej) tożsamości. Złożona ze sprzężeń zwrotnych ujemnych tożsamość ta jest więc nakierowana na samą siebie, na swoją własną propagację (mamy tu z pewnością do czynienia z relacją samostosowalności). Z drugiej strony, rozmnażanie się organizmów żywych stanowi sztandarowy przykład sprzężenia zwrotnego dodatniego (na przykład przy braku ograniczeń środowiskowych ilość bakterii na pożywce, rozpoczynając od jednej komórki, rośnie w sposób wykładniczy: w kolejnych pokoleniach mamy 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 ... komórek). Zatem, formalnie rzecz biorąc, osobnik biologiczny może być zdefiniowany jako sieć sprzężeń zwrotnych ujemnych (mechanizmów regulacyjnych zapewniających jego przeżycie) podporządkowanych naczelnemu sprzężeniu zwrotnemu dodatniemu, czyli pędowi do samopowielania tejże sieci (równoważnej cybernetycznej tożsamości osobnika).

Analogia między siecią mechanizmów regulacyjnych a siecią nerwową (i pojęciową) jest dosyć głęboka. Po pierwsze (jak o tym wspominałem powyżej), obie sieci stanowią pewną, funkcjonalnie celową, reprezentację rozmaitych aspektów świata zewnętrznego, istotnych dla przeżycia organizmu (w istocie sieć nerwowa stanowi, usytuowany na wysokim po-

ziomie hierarchii, podsystem całego zespołu mechanizmów regulacyjnych zwierzęcia). Po drugie, znaczenie poszczególnych elementów sieci, z jednej strony sprzężeń zwrotnych ujemnych, a z drugiej – neuronów i utworzonych z nich struktur asocjacyjnych (pojęć), odbywa się na drodze konotacji, czyli jedne elementy mają sens jedynie wobec innych elementów, a w ostatecznej instancji – w kontekście całej sieci. Poprzednio wytłumaczyłem, jak to należy rozumieć w odniesieniu do pojęć. W przypadku mechanizmów regulacyjnych jest chyba jasne, iż nie są one zawieszane w pustce, lecz jedne z nich służą realizacji innych, a ogólnie – wszystkie służą realizacji wszystkich (dotyczy to zresztą wszystkich celowych procesów zachodzących w organizmach żywych). Na przykład utrzymywanie (przez odpowiednie sprzężenie zwrotne ujemne) stałego wysokiego poziomu ATP umożliwia syntezę białek (proces zużywający ATP); z drugiej strony niektóre z tych białek pełnią rolę enzymów w szlaku metabolicznym syntezy ATP, a ich stężenie jest także utrzymywane na odpowiednim poziomie przez adekwatne (genetyczne) mechanizmy regulacyjne, które z kolei same potrzebują białek i ATP... Oczywiście, cała sieć powiązań między różnymi mechanizmami regulacyjnymi w organizmie żywym jest o wiele bardziej bogata i skomplikowana, niż to by mogło wynikać z tego prostego przykładu<sup>26</sup>.

Można by zatem zaryzykować ogólną tezę, iż „wyższy” poziom rzeczywistości (biologiczny lub psychiczny) wyłania się z poziomu „niższego” (odpowiednio: fizycznego lub biologicznego) poprzez samonakierowanie się na siebie (relacja samostosowalności) znaczącej przez konotację sieci elementów (sprzężeń zwrotnych ujemnych lub pojęć), stanowiącej ewolucyjnie celową reprezentację pewnych aspektów świata zewnętrznego. W tym ujęciu wyłonienie się świadomości psychicznej (samoświadomości) z nieświadomej sieci połączeń nerwowych w mózgu byłoby, w pewnym istotnym sensie, „powtórzeniem” na niejako wyższym poziomie aktu po-

<sup>26</sup> Zainteresowanych Czytelników odsyłam do mojej książki *Trzy ewolucje*.

wstania zjawiska życia z materii nieożywionej. Takie sformułowanie problemu wydaje się zgodne z duchem teorii systemów Bertalanfy’ego, choć muszę wyraźnie zastrzec, iż jest to jedynie moja własna koncepcja.

Z tego, co powiedziałem wyżej, wynika jasno, że nie uważam trzech wyróżnionych przeze mnie poziomów rzeczywistości za jakieś odrębne w sensie filozoficznym byty. Sądzę, iż poziom „wyższy” wyłania się z poziomu „niższego” jako wynik pewnego szczególnego rodzaju relacji między elementami poziomu niższego, który scharakteryzowałem przed chwilą. Dlatego spór między umiarkowanym redukcjonizmem a umiarkowanym holizmem, dotyczący kwestii, czy na nowym poziomie pojawia się „coś jakościowo nowego”, uważam za bezprzedmiotowy i pozorny, ponieważ odpowiedź zależy tylko i wyłącznie od zdefiniowania, co rozumiemy przez rzecz jakościowo nową. Jeśli odrzucimy prymitywny redukcjonizm (wszystko, łącznie z życiem i świadomością, to nic innego jak ruch atomów, i więcej nic interesującego nie da się tu powiedzieć), ignorujący problem złożoności, oraz skrajny holizm (życie i świadomość to zupełnie nowe byty, których istnienie warunkuje, odpowiednio, *vis vitalis* i duch), trącający filozoficzną myszką, to możemy powiedzieć, iż tą nową rzeczą na „wyższym poziomie” jest specjalny sposób funkcjonalnego uorganizowania systemu elementów (chodzi tu oczywiście przede wszystkim o relację samonakierowania na siebie), które stanowią powszechnie obecne składniki „niższego poziomu”, tyle że „normalnie” występują one na tym niższym poziomie w innych (z reguły mniej złożonych) konfiguracjach. To, czy komuś się spodoba nazwać taki stan rzeczy redukcjonizmem, czy holizmem, nie ma żadnego wpływu na istotę sprawy. Sednem sprawy jest SYSTEM.

Oczywiście, zaproponowana powyżej definicja (samo)świadomości nie dopuszcza istnienia filozoficznej, idealistycznie pojmowanej „wolnej woli”. Ale, jak argumentowałem wcześniej, taką wolną wolę wyklucza już czysto logiczna analiza, ogólna wiedza neurofizjologiczna, a także konkretne eksperymenty (doświadczenia Kornhubera i Libeta). Osobiście nie odczuwam dyskomfortu psychicznego

z powodu braku idealistycznej wolnej woli – zmartwienie to pozostawiam filozofom i humanistom. Uważam, iż ciągle jeszcze wiemy o wiele za mało o rzeczywistości fizycznej, a także o funkcjonowaniu ludzkiego mózgu, aby już teraz zmierzyć się z tym problemem (nie jest to asekuracyjna hipokryzja, a jedynie wyraz pokory epistemologicznej). Na razie wystarczy, że pojęcie wolnej woli dobrze funkcjonuje (i tak powinno pozostać) w kontekście psychologicznym, społecznym, kulturowym, etycznym, a także prawnym. Natomiast na obecnym etapie wiedzy naukowej wydaje się ono być filozoficzną hipostazą. Ta pozorna sprzeczność nie powinna nikogo dziwić – przecież treści ogromnej większości sensów kulturowych nie da się wywieść z praw fizyki czy biologii, będących domeną nauk przyrodniczych.

Na koniec chciałbym krótko odnieść się do modnych ostatnio tak zwanych kwantowych teorii świadomości, forsowanych przez niektórych fizyków, na przykład Rogera Penrose'a. Starają się oni przedstawić świadomość jako wynik makroskopowych efektów kwantowych, coś w rodzaju niezmiernie „skomplikowanej”, co oznacza tu jednak po prostu „rozmaicie pomarszczonej” (!), funkcji falowej. Stanowi to, w mojej opinii, ominięcie problemu, a nie jego rozwiązanie, zepchnięcie go na niższy (!) – fizyczny – poziom rzeczywistości, gdzie można go ukryć za naszą niewiedzą (bardziej skomplikowane funkcje falowe przekraczają obecne możliwości obliczeniowe). Kwantowe teorie świadomości nie odpowiadają na przykład na pytanie, czym hipotetyczna kwantowa świadomość różniłaby się od innych makroskopowych zjawisk kwantowych, na przykład kondensatu Bosego-Einsteina. Moim zdaniem fizycy wykazują skrajny wręcz brak zrozumienia dla statusu (obiektywnego w mojej opinii) fenomenu złożoności (niestety, ewolucja tak ukształtowała nasz mózg, iż złożoność często wydaje nam się czymś nie do końca rzeczywistym), a istoty świadomości należy szukać na wyższym od biologicznego (neurofizjologicznego), to jest na psychicznym poziomie rzeczywistości.

## SZTUCZNA INTELIGENCJA

Omawiając kwestię natury oraz fizycznych (neurofizjologicznych) korelatów ludzkiej psychiki i (samo)świadomości, nie sposób nie wspomnieć chociażby pokrótce o problemie sztucznej inteligencji – AI (od angielskiego *artificial intelligence*). Problem ten dotyczy warunków, jakie musiałyby zostać spełnione, aby urządzenia skonstruowane przez człowieka, na przykład komputery, roboty czy sieci neuropodobne, posiadały inteligencję i psychikę. Określenie tych warunków rzuciłoby wiele światła na istotę obu interesujących nas fenomenów.

Oczywiście już samo stwierdzenie, że, przynajmniej w zasadzie<sup>27</sup>, możliwe jest stworzenie sztucznych urządzeń obdarzonych subiektywną sferą odczuć psychicznych, ma daleko idące konotacje światopoglądowe. Zakłada ono bowiem milcząco, że: 1. do wyłonienia się świadomości nie jest potrzebny żaden jakościowo odmienny byt (w rozumieniu filozoficznym), na przykład duch, oraz 2. fizycznym korelatem świadomości nie jest jakiś konkretny rodzaj tworzywa (na przykład neurony zbudowane z białek, lipidów i tak dalej), lecz raczej pewien szczególny rodzaj funkcjonalnej organizacji sieci elementów zbudowanych z praktycznie dowolnej

<sup>27</sup> Choć niekoniecznie przy możliwościach technologicznych dostępnych obecnie lub w przewidywalnej przyszłości.

substancji (metal, krzem, białko), pozostających ze sobą w odpowiednich związkach formalnych (przede wszystkim informacyjnych i cybernetycznych). Jak już się zapewne Czytelnik zdołał doskonale zorientować, należę do gorących zwolenników takiej właśnie opcji. Nie brak jednakże głosów, iż z zasady niemożliwe jest stworzenie *deus ex machina*, czyli sztucznej inteligencji. Zanim przedstawię jeden z argumentów na rzecz tej tezy, spróbuję najpierw zdefiniować, co w istocie rzeczy należy (moim zdaniem) rozumieć przez „sztuczną inteligencję”.

„Naturalna inteligencja”, czyli ludzka sfera mentalna, posiada wiele aspektów czy też komponent. Są to, między innymi, potocznie rozumiana inteligencja, psychika, (samo)świadomość, subiektywizm, myślenie, odczucia emocjonalne, osobowość. Powstaje od razu problem, czy wszystkie te aspekty są z konieczności wzajemnie sobą uwarunkowane (u człowieka występują one razem), czy też, przeciwnie, mogą być rozdzielone i istnieć niezależnie, a jeśli tak, to które z nich mogą warunkować (w największym stopniu) zaistnienie sztucznej inteligencji. Przecież wiele współczesnych komputerów i robotów (a także wiele zwierząt) zachowuje się, wedle potocznych kanonów, inteligentnie, może nawet „myśli”, chociaż raczej odmówilibyśmy im samoświadomości, osobowości i sfery subiektywnych odczuć emocjonalnych. Jednakże, moim zdaniem, „prawdziwa” inteligencja i myślenie polega przede wszystkim na stawianiu samemu sobie problemów i celów, a nie li tylko na rozwiązywaniu zadań narzuconych z zewnątrz, przez człowieka lub ewolucję, jak to ma miejsce, odpowiednio, w przypadku komputerów i zwierząt. Dlatego też sądzę, że wszystkie wymienione powyżej aspekty subiektywnej sfery mentalnej wzajemnie się współwarunkują i nie mogą istnieć jedno bez drugich. Na przykład autonomiczne myślenie prowadzi do realizacji jakiegoś celu, co wiąże się z pozytywnymi odczuciami emocjonalnymi przeżywanymi przez obdarzony (samo)świadomością i posiadający osobowość podmiot. Idea wytworzenia „czystego rozumu”, pozbawionego motywacji (a więc emocji) i nieświadomego własnego istnienia, stanowi dla mnie

utopijną mrzonką, niemożliwą do urzeczywistnienia z przyczyn zasadniczych i świadcząca o całkowitym niezrozumieniu istoty podłoża ludzkiej psychiki. Dlatego wyrażenie „sztuczna inteligencja”, pośrednio sugerujące możliwość istnienia takiego rozumu, uważam za szczególnie niefortunne (no cóż, przyjęło się, i dlatego zmuszony jestem je stosować). Wedle mojej opinii warunkiem niezbędnym do zaistnienia prawdziwej (psychicznej) inteligencji jest pojawienie się (samo)świadomości. Diagnoza ta z pewnością nie stanowi zakroczenia dla Czytelników, którzy zapoznali się z poprzednim rozdziałem.

Ustaliwszy już w przybliżeniu, co rozumiemy pod nazwą sztucznej inteligencji, musimy teraz określić kryteria pozwalające rozstrzygać o tym, czy dane urządzenie obdarzone jest psychiką, czy też nie. Powszechnie znany jest test Turinga, polegający na tym, iż wymieniamy (na przykład zapisane na kartkach papieru) pytania i odpowiedzi z „rozmówcą”, którego nie widzimy, bo znajduje się w innym pokoju. Nasza rola polega na stwierdzeniu, czy mamy do czynienia z człowiekiem, czy z maszyną. Jeśli nie potrafimy tego jednoznacznie stwierdzić, a okaże się, że naszym „rozmówcą” był komputer, będzie to oznaczało, że przeszedł on test Turinga, a zatem obdarzony jest psychiką i świadomością. Na teście Turinga oparty został opracowany przez Searle’a eksperyment myślowy, mający jakoby zdyskredytować samą możliwość skonstruowania sztucznej inteligencji, a nazwany „chińskim pokojem”. W pokoju tym zamiast komputera znajduje się grupa Chińczyków, którzy nie znają języka angielskiego, ale otrzymują karteczki z pytaniami zadawanymi w tym właśnie języku. Chińczycy dostarczają odpowiedzi na owe pytania (także na karteczkach), operując zestawem instrukcji w języku chińskim (który to zestaw odpowiada formalnie algorytmowi pewnego programu komputerowego), określających zespół czysto mechanicznych reguł dotyczących przekształcania sekwencji angielskich wyrazów w pytaniach w sekwencję angielskich wyrazów w odpowiedziach. Jeśli taki zespół reguł byłby dostatecznie bogaty, grupa Chińczyków przeszłaby test Turinga (zo-



stałaby uznana za układ świadomy), choć w najmniejszym stopniu nie rozumiałaby ani zadawanych pytań, ani udzielanych odpowiedzi. A zatem komputer, którego zadanie także polega jedynie na mechanicznym przekształcaniu danych wedle z góry dostarczonych zasad, nie może posiadać świadomości.

Uważam, że pozorny „paradoks” chińskiego pokoju Searle’a jest mylący i w istocie swej niemądry. Po pierwsze, trzeba by najpierw wykazać, że test Turinga stanowi rzeczywiście wiarygodne kryterium posiadania przez badany system psychiki<sup>28</sup>. Po drugie, wcale nie jest (dla mnie przynajmniej) oczywiste, czy pokój pełen Chińczyków przeszedłby test Turinga. Po trzecie, zastąpienie mikroprocesorów w komputerze Chińczykami w pokoju jest chwytem tyleż bałamutnym, co heurystycznie chybionym. Fakt, że pojedynczy Chińczyk, będący przecież istotą świadomą, nie rozumie angielskiego, o niczym nie świadczy – przecież oczywiste jest, że pojedynczy mikroprocesor komputera (odpowiednik Chińczyka) także nie rozumie operacji wykonywanych w programie komputerowym. Tym, co może stanowić podłoże świadomości, jest dopiero wielce i w specjalny sposób złożony system mikroprocesorów. Analogia do ludzkiego mózgu nasuwa się tu w sposób oczywisty: dopiero cały system, a nie któryś z jego elementów (neuronów), może być świadomy. Searle wcale nie pokazał, że system: Chińczycy + dostarczony im zespół reguł nie jest w stanie **jako całość** (choć może się to wydać dziwne) być świadomy i rozumieć angielskiego. Psychika stanowi zjawisko emergentne i jako takie domaga się przyznania obiektywnej egzystencji fenomenowi złożoności. Przed tym jednakże wiele nauk przyrodniczych, które rozwi-

<sup>28</sup> Moim zdaniem tak nie jest, bo dla każdego skończonego zestawu pytań można przygotować zestaw zupełnie mechanicznych odpowiedzi. Dotyczy to także zestawów sekwencji powiązanych ze sobą pytań i odpowiedzi. Dlatego test Turinga byłby rozstrzygający jedynie dla nieskończonego zestawu pytań, co jest oczywiście pozbawione jakiegokolwiek praktycznego sensu. Poza tym test Turinga opiera się jedynie na językowym wyrazie (manifestacji) świadomości, a wiadomo, że świadomość może wyrażać się także w mimice, postępowaniu, funkcjonowaniu w społeczeństwie itd.

nęły się na bazie zbyt prymitywnie rozumianego redukcjonizmu, nadal usilnie się wzbrania.

Innym błędem w rozumowaniu Searle’a jest przypisanie sztucznej inteligencji zasady działania współczesnego, digitalnego komputera, realizującego pewien ściśle zdeterminowany algorytm programu oraz operującego dokładnie określonym zestawem dyskretnych symboli i reguł rządzących ich potencjalnymi relacjami (czyli składnią). Analogią takiego właśnie komputera jest przecież pokój z Chińczykami. Dla tej też przyczyny (a nie z powodów implikowanych jakoby przez omawiany eksperyment myślowy) uważam, że zespół reguł translacyjnych obsługiwany przez Chińczyków, mikroprocesory czy odpowiednio wytresowane krewetki nie mogłyby stać się świadome. Skoro tak, to czego brakuje współczesnym komputerom, i co musiałyby osiąść przyszłe elektroniczne układy przetwarzające informację, aby wejść w posiadanie psychiki?

Pominę, oczywistą chyba, kwestię wielkości i stopnia złożoności całego układu. Przechodząc do następnego punktu, zacznę od stwierdzenia, że „komputer” taki powinien działać, w przeciwieństwie do większości jego współczesnych krewniaków, tak jak sieć neuronalna: w sposób analogowy, przybliżony i niealgorytmiczny. Nie powinien być oparty na dyskretniej logice zero-jedynkowej. Przetwarzanie informacji powinno się odbywać w sposób równoległy, a sam system przetwarzający powinien móc ulegać modyfikacji i ewolucji (uczeniu się), tak jak współczesne sieci neuropodobne. Poszczególne elementy systemu nie powinny działać w sposób całkowicie z góry określony, lecz uczyć się swoich funkcji poprzez interakcję z innymi elementami systemu, a także na bazie bodźców napływających do systemu z zewnątrz. O ile więc obecne komputery „myślą” w warstwie językowej (dotyczyło to także, przynajmniej wedle jego własnego mniemania, Ludwiga Wittgensteina), poprzez operację na określonych dyskretnych symbolach porządkowanych za pomocą odpowiednich reguł gramatycznych, to świadomy komputer działałby w oparciu o leżącą głębiej warstwę pojęciową (nieobecną w komputerach współczesnych), gdzie

poszczególne elementy znaczyłyby przez konotację, tak jak neurony w sieci neuronalnej. W „sieci pojęciowej” takiego komputera język byłby tworem wtórnym, wysokiego rzędu, nieautonomicznym, bo semantycznie zależnym od rzeczonyj sieci.

Obdarzony psychiką komputer musiałby mieć jakiś odpowiednik centrum motywacyjnego, „siedliska popędów”, a także połączonego z nim ośrodka nagrody/kary w ludzkim mózgu<sup>29</sup>. Ośrodek ten utrzymywałyby te połączenia w sieci elementów neuropodobnych, które sprzyjałyby realizacji jakichś autonomicznych celów odpowiadających popędom (u organizmów żywych są one narzucone przez logikę ewolucji biologicznej), na przykład popędowi poznawczemu, samozachowawczemu i tym podobnym. Całość stanowiłaby podstawę subiektywnej sfery odczuć emocjonalnych. Konieczna wydaje się także spontaniczna, autonomiczna aktywność poznawcza i asocjacyjna, stanowiąca odpowiednik procesów myślenia.

Taki świadomy komputer miałby utworzony w znaczącej przez konotację sieci swoich elementów obraz świata zewnętrznego, stale uzupełniany przez nowo napływające z tego świata sygnały (stąd: wrażenia, pojęcia, wyobrażenia i inne, dyskutowane wcześniej, subiektywne zjawiska mentalne). Rozwój i funkcjonowanie takiego odwzorowania świata nadzorowałyby pewien ośrodek poznawczy. Jego nakierowanie nie tylko na świat zewnętrzny, ale także na samego siebie spowodowałyby wyłonienie się podmiotu, poczucia własnego „ja” i całej subiektywnej sfery zjawisk psychicznych. Dopiero taki samoświadomy podmiot byłby zdolny do stawiania sobie własnych celów i problemów, a więc posiadałby prawdziwą inteligencję.

Nie mogę uwolnić się od wrażenia, iż do powstania samoświadomości i osobowości niezbędne jest także uwikłanie całego systemu w wewnętrzne sprzeczności. Mam na myśli nie tylko czysto poznawczo-logiczne niespójności, ale także

---

<sup>29</sup> A więc jego inteligencja musiałaby być **intencjonalna**.

konflikt między popędem poznawczym i rozlicznymi innymi popędami (samozachowawczym, przedłużenia gatunku) oraz między osiami przystosowanie-nieprzystosowanie i przyjemność-przykreść. U człowieka owo nagromadzenie sprzeczności i konfliktów stanowi wynik trwającej przez setki milionów lat ewolucji mózgu, gdzie nowe części dodawane były do starych bez żadnego z góry założonego planu, oportunistycznie i niechlujnie wręcz z punktu widzenia perfekcyjnych rozwiązań konstrukcyjnych (była już o tym mowa w rozdziale 1). Zachodzi jednak pytanie, czy, gdyby zastosowane zostały optymalne rozwiązania techniczne, powstałaby rasa ludzka, w której indywidua obdarzone są osobowością i podmiotowością – wszak irracjonalność oraz nieustanne miotanie się pomiędzy różnymi motywacjami stanowi immanentną wręcz cechę naszego umysłu. Obawiam się więc, że stworzenie komputera obdarzonego psychiką i osobowością wymagałoby „zaimplantowania” mu gromadzonego przez wieki systemu sprzeczności i wewnętrznych konfliktów.

Podsumowując tę część rozważań pragnę stwierdzić, że za kluczowe dla powstania sztucznej inteligencji (a właściwie: sztucznej psychiki) uważam trzy cechy. Chodzi tu o relacyjną, znaczącą przez konotację sieć elementów przetwarzających informację, motywacyjny ośrodek popędowy (implikujący intencjonalność układu), a także pewien samonakierowany na siebie system poznawczy. Oczywiście jest, że żadne z istniejących obecnie urządzeń elektronicznych nie spełnia powyższych warunków.

## OGRANICZENIA POZNAWCZE CZŁOWIEKA

Jeśli by postawić pytanie, co naprawdę w sposób absolutnie pewny wiemy, uczciwa na nie odpowiedź brzmiałaby: bardzo niewiele albo zgoła nic (na tak wysokim poziomie abstrakcji, czy się to komuś podoba, czy nie, już się od filozofii uciec nie da). Taka diagnoza u większości ludzi od razu wzbudza odruchowy silny opór. Przecież istnieje ogromny gmach gromadzonej mozolnie przez stulecia wiedzy naukowej, osiągnęliśmy niebywały wręcz postęp w technologii i medycynie, które bazują na naukach podstawowych, a zresztą, żeby nie sięgać daleko, posiadamy wiedzę płynącą z codziennego doświadczenia – na przykład, że znana nam osoba przebywa właśnie w pokoju, w którym i my się znajdujemy. Niestety, pierwszy lepszy filozof łatwo wykaże nieprawomocność tezy, iż tego rodzaju wiedza jest wiedzą pewną i absolutną. Wystarczy stwierdzić (jak to czyni solipsyzm), że świat zewnętrzny (łącznie z „zapełniającymi” go innymi ludźmi) tak naprawdę nie istnieje, a stanowi jedynie wytwór naszej świadomości, lub, jeśli ktoś woli, wyobraźni. Bez względu na to, jak odległe od zdrowego rozsądku takie podejście by się komuś wydawało i za jak bezowocne uważałby on filozoficzne dysputy, trzeba uczciwie przyznać, że solipsyzmu (podobnie jak wielu innych systemów filozoficznych) nie da się w sposób bezsprzeczny i niepodważalny obalić<sup>30</sup>. Niestety,

<sup>30</sup> Można jedynie wykazać ich aprioryczną nieprawomocność, co staram się uczynić w książce *Absolut – odniesienie urojone*.

nawet wiedza naukowa, chociaż imponująca swym ogromem i ścisłością (to ostatnie zawdzięcza przede wszystkim matematyce i właściwej sobie metodologii), nie posiada na tyle niewzruszonych podstaw, aby uznać ją za całkowicie pewną i absolutną. Program redukcjonizmu, wspaniale spisujący się przy tłumaczeniu fizycznych podstaw chemii, biologii, czy nawet – w ostatecznej instancji – psychiki, zaczął się załamywać, gdy fizyka dotarła do najniższego poziomu – zjawisk kwantowych, który w znacznej mierze daje się wyprowadzić już tylko z cech... naszego umysłu. Zilustruję to, przedstawiając skrótowo historię poglądów (panujących głównie w obrębie filozofii) na wzajemne relacje pomiędzy duchem a materią.

Stosunek ducha (świadomości, umysłu) do materii (świata zewnętrznego, obiektywnej rzeczywistości) stanowi bodaj największą zagadkę w dziejach filozofii. Pogląd zwany materializmem przypisuje pierwotność materii, głosząc, iż to, co nazywamy świadomością, stanowi po prostu wynik lub, jeżeli ktoś woli, „produkt uboczny” funkcjonowania ludzkiego mózgu. Jest to, z grubsza rzecz biorąc, pogląd reprezentowany (a przynajmniej wykorzystywany) także w naszych dotychczasowych rozważaniach. Idealizm, przeciwnie, głosi, iż jedynym naprawdę istniejącym bytem jest świadomość, podczas gdy tak zwany świat zewnętrzny (czyli szeroko rozumiana materia) stanowi jedynie jej wytwór, pewien w szczególności sposób wyodrębniony obszar psychiki. Co prawda, nie każda z odmian obu wymienionych systemów filozoficznych stawia sprawę w tak radykalny sposób – niektóre przyjmują jedynie nadrzędność jednego bytu nad drugim. Istnieje poza tym wiele koncepcji alternatywnych, z których każda swoiście traktuje wspomniany problem. Pomimo takiej różnorodności zaproponowanych rozwiązań, zagadka relacji ducha do materii po dziś dzień nie doczekała się definitywnego rozwiązania, obrastając za to w coraz to nowe trudności. Na kartach niniejszej książki kwestię tę przedstawiłem z perspektywy nauk biologicznych; jednakże dla filozofii ten punkt widzenia jest niewątpliwie w dużej mierze jednostronny.

W omawianym sporze nauki przyrodnicze siłą rzeczy ciążyły ku materializmowi. Ogromne sukcesy fizyki i biologii w opisie i rozumieniu rozmaitych aspektów świata pozwalały uwierzyć, iż metodologia naukowa stanowi niezwykle potężne narzędzie poznania. Metodologia ta między innymi na tym się zasadza, aby strukturę i funkcjonowanie skomplikowanych zjawisk i systemów sprowadzić do stosunkowo niewielkiej liczby stosunkowo prostych praw rządzących zachowaniem się elementów składowych tych systemów. Często przy tym można owe prawa wyrazić ilościowo w ścisłym języku matematyki, a przewidywania poczynione na ich podstawie dają fenomenalną wprost zgodność z obserwacjami i wynikami doświadczeń. Nakreślony powyżej program badawczy zwany redukcjonizmem święcił wielkie triumfy w historii rozwoju nauk przyrodniczych.

W sprowadzaniu całego bogactwa świata do przejawu interakcji prostych, należących do nielicznych rodzajów, elementów, prym od początku wiodła fizyka. Wszystkie „materialne” obiekty wypełniające Wszechświat, w ich liczbie galaktyki, gwiazdy, planety, rośliny, zwierzęta, dzieła sztuki oraz mózgi mistrzów, którzy je namalowali, okazały się jedynie pewnymi konglomeratami atomów kilkudziesięciu występujących w naturze pierwiastków chemicznych, albo też, sięgając jeszcze głębiej, trzech cząstek elementarnych: protonu, neutronu i elektronu<sup>31</sup>. Wizerunek Mony Lisy docierający do naszych oczu to tylko przestrzenny rozkład kwantów promieniowania elektromagnetycznego (fotonów) o różnej długości fali. Nie znaleziono przy tym żadnych powodów, aby mniemać, że „jeszcze coś” współtworzy strukturę lub też wpływa na funkcjonowanie wyżej wspomnianych obiektów. Co więcej, w ogromnej liczbie przypadków udało się wywieść cechy makroskopowych układów, na przykład molekuł związków chemicznych, kryształów, gazów, a dalej – gwiazd, planet, czy nawet (w zasadzie) organizmów żywych

<sup>31</sup> Ewentualnie dwóch kwarków: u i d, z których zbudowane są proton i neutron, oraz elektronu.

– z właściwości atomów (które z kolei wynikają z cech przysługujących trzem wspomnianym cząstkom elementarnym). Szczegółowe badania na poziomie biochemicznym, komórkowym i fizjologicznym pokazały, że do wyjaśnienia funkcjonowania organizmów żywych, z całym jego skomplikowaniem i celowością, nie jest konieczna żadna nadnaturalna siła w rodzaju *vis vitalis*, która tchnęłaby życie w kupkę „martwych atomów”. Okazało się, że potrzeba tego rodzaju jednorazowego i absolutnego aktu „tchnięcia” to ułuda ludzkiego umysłu – życie powoli wyłania się ze współdziałania atomów i zbudowanych z nich makrocząstek organicznych, kiedy od poziomu związków chemicznych stopniowo przechodzimy na poziom szlaków metabolicznych, komórek i organizmów. Nie ma zatem żadnego, mającego postać odmiennego kategorialnie bytu, sedna czy jądra zjawiska życia – stanowi ono pochodną zespołu procesów fizykochemicznych, niczym w zasadzie nie różniących się od procesów zachodzących w przyrodzie nieożywionej.

Pojęcie *vis vitalis* jako dodatkowego bytu stanowiącego o wyjątkowości fenomenu życia okazało się wobec tego po prostu hipostazą. Czy zatem sytuacja nie wygląda podobnie w przypadku pojęcia absolutnego ducha, mającego rzekomo być probierzem całkowitej odmienności oraz nieredukowalności psychiki i świadomości do poziomu biologicznego, a w ostatniej instancji – fizycznego? W istocie (co przynajmniej fragmentarycznie próbowałem przedstawić w niniejszej książce), nauki przyrodnicze, a w szczególności neurofizjologia, poczyniły wielki krok w kierunku odabsolutyzowania pojęcia ducha jako odrębnego bytu. Przede wszystkim nie budzi już żadnej wątpliwości możliwość wyjaśnienia fizycznego i biochemicznego podłoża przewodzenia bodźców nerwowych jako polaryzacji i depolaryzacji błon wypustek komórek nerwowych oraz zjawisk zachodzących w synapsach. Dokonał się ogromny postęp w badaniach integracji wrażeń zmysłowych przez mózg oraz w wyjaśnianiu mechanizmów odpowiedzialnych za formowanie zapisów pamięciowych. Stwierdzono drastyczne zmiany psychiki, cech charakterologicznych oraz rozmaitych zdolności mentalnych w wyniku

uszkodzenia poszczególnych ośrodków w mózgu; na przykład przecięcie spoidła wielkiego, łączącego obie półkule mózgowe, prowadzi do powstania w jednej głowie dwóch niezależnych, w dużym stopniu autonomicznych świadomości! Poprzez drażnienie elektrodą rozmaitych obszarów kory mózgowej można wywołać całą gamę doznań wizualnych, słuchowych itp., lub też przywołać odległe wspomnienia. Wiemy, że świadomość stopniowo wyłoniła się z „nicości psychicznej” w trakcie ewolucji biologicznej, i że także stopniowo pojawia się podczas rozwoju ontogenetycznego (nie posiadają jej ani będące naszymi przodkami płazy, ani też ludzki embrion). Zaproponowane zostały prawdopodobne modele myślenia, polegające między innymi na rywalizacji rozmaitych wzorców aktywności kory mózgowej o dostępne obszary tej kory (w analogii do rywalizacji organizmów żywych o dostępną pojemność środowiska). Modele te zapewne w niedalekiej przyszłości będą mogły zostać zweryfikowane doświadczalnie. Tak zatem ponoć „niepodzielne” zjawiska, jak procesy psychiczne (na przykład myślowe), dadzą się z powodzeniem wyrażać w neurofizjologicznej terminologii biologicznego funkcjonowania mózgu. Następnym i ostatecznym krokiem wydaje się być wyjaśnienie w kategoriach neurofizjologicznych i cybernetycznych samego „jądra” psychiki, a więc poczucia własnej świadomości, swojego „ja” (w niniejszej książce przedstawiłem swoją własną koncepcję istoty i neurofizjologicznego korelatu samoświadomości). Niewiele już wobec tego pozostało miejsca dla ducha w swej immanencji jako autonomicznego i równoważnego materii bytu. Pojęcie ducha okazuje się być po prostu pojęciem pustym (hipostazą), nie znajdującym żadnego odpowiednika w świecie. Oznacza to „rozpad semantyczny” tego pojęcia, całkowite jego rozplątanie się w pustce znaczeniowej – nic mu już nie tylko „realnego”, ale nawet sensownego, nie odpowiada. Czyżby więc materializm definitywnie zwyciężył?

Nie – ponieważ istnieje druga strona medalu. Tak samo bowiem jak biologia (neurofizjologia) postąpiła z duchem, odbierając mu znamię absolutu, fizyka postąpiła z jego odwieczną antagonistką, materią. Nauka sprawiła, że pojęcie

materii ogromnie zmieniło swe znaczenie, więcej – zostało ono „oddefiniowane”, rozłożone na inne pojęcia, a więc właściwie pozbawione znaczenia, które uległo „scedowaniu” na pojęcia okalające. W rozumieniu potocznym (które stanowi punkt wyjścia dla filozofii) materia jest to coś namacalnego, posiadającego położenie w przestrzeni, ciężar, konsystencję, barwę, rozciągłość, coś, co można w rozmaity sposób przekształcić, ale nie unicestwić. Wszystkie te atrybuty materii znikają w fizyce teoretycznej. Istota tak dobrze znanego nam i jasnego pojęcia staje się tu bardzo zagadkowa i egzotyczna. Materia może zniknąć, przekształcając się w energię, zgodnie ze słynnym wzorem Einsteina  $E = mc^2$ . W mechanice kwantowej położenie przestrzenne cząstki elementarnej, na przykład elektronu, można określić tylko w przybliżeniu, zgodnie z zasadą nieoznaczoności Heisenberga. Podobnie nie ma sensu mówić o kolorze atomu lub elektronu w momencie, kiedy nie emituje on „nośnika koloru” – fali elektromagnetycznej. Cząstki materii zachowują się niekiedy nie jak cząstki, lecz jak fale: elektron może na przykład przechodzić jednocześnie przez dwie szczeliny w napotkanej na swojej drodze przesłonie (a więc znajdować się w dwóch różnych miejscach naraz)! Ogólnie rzecz biorąc, elektron nie znajduje się (przed aktem pomiaru jego położenia, będącym w swej istocie zjawiskiem psychicznym, zrelatywizowanym w stosunku do obserwatora) w żadnym konkretnym miejscu, lecz jest jakby „rozmyty”. Rozkład przestrzenny tego rozmycia, odpowiadający prawdopodobieństwu znalezienia się w danym miejscu w przestrzeni, opisuje tak zwana funkcja falowa. Nie jesteśmy jednak w stanie jednoznacznie zdecydować, czy fala odpowiadająca tej funkcji jest tworem materialnym, czy też konstrukcją naszego umysłu, nie potrafimy zatem przeprowadzić ostrej granicy między rzeczywistością a treścią ludzkiej świadomości! Według ogólnej teorii względności, materia nie tylko jest tworzywem wypełniającym płaską przestrzeń, ale także tę przestrzeń kształtuje, powodując jej zakrzywienie proporcjonalne do masy. Ostatnio coraz częściej pojawiają się głosy, że elementy „obiektywnej” rzeczywistości (na przy-



kład materia i przestrzeń, cząstki elementarne i oddziaływania) nie istnieją w sposób absolutny, niezależny od siebie, ale że ich istnienia wzajemnie się warunkują (a więc, w pewnym sensie, „znaczą” one, tak jak pojęcia, przez konotację!). Mechanika kwantowa sugeruje z kolei (w swych współczesnych interpretacjach), że wszystkie cząstki elementarne, które miały kiedykolwiek ze sobą jakiś kontakt, po dziś dzień są ze sobą „skorelowane” (cechy jednych cząstek, na przykład spiny, nie są niezależne od cech innych cząstek) i w zasadzie tworzą jedną wielką niepodzielną całość, a wobec tego nie można ich rozpatrywać w izolacji (co jest podstawą metodologii współczesnej fizyki, wyrażającą się w stwierdzeniu: najpierw zbadaj elementy jakiegoś systemu w izolacji, a potem złóż je do kupy!). W tej płątanie absurdów i dziwności nie jesteśmy już w stanie rozpoznać naszej swojskiej materii, o której wyrobiliśmy sobie zdanie na podstawie trzymania w ręku kamienia i o której mówiły ponad dwa tysiąclecia filozofii. Tak zdawałoby się jasne i oczywiste pojęcie przepłynęło nam, kiedy przyjrzelśmy się mu bliżej, między palcami.

Podobne problemy napotykamy w przypadku innych elementów rzeczywistości fizycznej, takich jak przestrzeń i czas. Zgodnie ze szczególną teorią względności, szybkość upływu czasu i długość dystansu w przestrzeni zależy od względnej prędkości obserwatora. Jednokierunkowa strzałka czasu i związana z nią dążność do wzrostu entropii są w dużej mierze subiektywne (brak ich na przykład w mechanice Newtona, teorii względności czy mechanice kwantowej!), jako że wyróżnienie (mniej lub bardziej „złożonych”) stanów makroskopowych (dokonywane w obrębie termodynamiki) wydaje się procedurą zasadniczo zrelatywizowaną w stosunku do naszego umysłu. Za przykład mogą posłużyć chociażby organizmy żywe (ze swej natury będące fenomenami termodynamicznymi), które z punktu widzenia zachowania się pojedynczych atomów nie są w żaden sposób specjalnie „wyróżnione”. Nie da się zatem w fizyce ustalić granicy między tym, co jest „realnym” elementem naszego świata, a tym, co stanowi już tylko matematyczny model lub

konceptualny wytwór naszego umysłu. Pęd do obiektywizacji (obrazu) świata, tak charakterystyczny dla nauk przyrodniczych, zaowocował więc, paradoksalnie, jego postępującą subiektywizacją.

Ze zdziwieniem zatem, analizując wpływ nauk przyrodniczych na problem relacji pomiędzy duchem a materią, napotyka się na swojego rodzaju błędne koło. W kole tym duch i materia wzajemnie się współwarunkują, tak jak dwie nawzajem rysujące się ręce w znanej grafice Eschera (lub jak dwoje ludzi, z których każdy istnieje tylko we śnie drugiego): materia wytwarza świadomość, świadomość zaś określa istotę tego, co nazywamy materią. W neurofizjologii (samo)świadomość okazuje się być produktem materii (czyli sieci neuronalnej w mózgu), natomiast w fizyce materia coraz bardziej wydaje się być kształtowana przez konstrukcje matematyczne i konceptualne naszego umysłu. Kategorie opisujące tak zwany świat materialny zdają się pochodzić tyleż z tego świata, co z ludzkiej sfery mentalnej, z uwarunkowanego ewolucją biologiczną sposobu integracji i obróbki bodźców zmysłowych przez nasz mózg. Nie jest więc wykluczone, że nie ma sensu wybierać między materializmem a idealizmem, skoro nie potrafimy pokazać jakiejś zasadniczej różnicy między materią a duchem (świadomością), tym bardziej, że pojęcia te coraz bardziej „pustoszeją”, stając się nazwami, którym nic jednoznacznego i absolutnego nie odpowiada. Zapewne w końcu dojdziemy do wniosku, że żaden z tych bytów nie może być pierwotny, skoro jeden wydaje się niezbędny dla zaistnienia drugiego (a przynajmniej dla zaistnienia w znanej i dostępnej nam postaci). Jeśli tak się rzeczywiście stanie, to największy bodajże problem „królowej nauk” zostanie rozwiązany (a właściwie uznany za bezsensowny) nie za sprawą trwającego ponad dwa tysiące lat rozwoju filozofii, lecz dzięki wielkiemu rozkwitowi fizyki i biologii XX wieku.

Przedstawiona powyżej, na przykładzie relacji między duchem a materią, względność oraz immanentna niepewność naszej wiedzy jest cechą fundamentalną i uniwersalną, czyniąc jakiegokolwiek marzenia o prawdzie absolutnej całkowitą utopią (problem ten omawiam obszerniej w książce *Abso-*

lut – odniesienie urojone). Można wypowiadać jedynie prawdy zrelatywizowane do ich kontekstu semantycznego i opatrzone zastrzeżeniami, jakie (arbitralne) założenia należy poczynić, aby uznać je za względnie uprawomocnione. Jednakże każdy chyba, kto się zastanawia nad istotą świata, odczuwał kiedyś pokusę, aby spróbować sformułować *explicite*, co „naprawdę” wiemy o całości dostępnych nam fenomenów. Pewnego razu ja także nie oparłem się takiej pokusie, i oto do czego mniej więcej doszedłem:

## 1

*Coś w jakiś sposób niewątpliwie istnieje. Istnieje tak zwany świat zewnętrzny oraz tak zwana treść naszej świadomości, bez względu na to, jaka jest ich natura, jakie zachodzą pomiędzy nimi relacje i które z nich jest w stosunku do drugiego pierwotne. Niech to będzie naszą definicją istnienia.*

## 2

*Nie wiemy, czy to, co istnieje, istnieć musi, czy tylko może. Nie wiemy, dlaczego istnieje w taki akurat sposób. Nie wiemy, czy pojęcie nieistnienia (nicości) w ogóle ma sens.*

## 3

*Możemy analizować całą daną nam zawartość tego, co istnieje i przez to próbować przybliżyć sobie naturę istnienia. Możemy rozmaite istniejące obiekty odnosić wzajemnie do siebie, określając względne znaczenie (istotę, sens) jednych obiektów wobec innych obiektów. Możemy definiować jedne obiekty za pomocą innych obiektów. Na przykład, możemy badać wzajemne relacje między tym, co wstępnie znamy jako materia (świat fizyczny, zewnętrzna rzeczywistość), duch (psychika, świadomość), istoty żywe, byty ogólne, idee matematyczne itp.*

## 4

*Nie możemy określić żadnego „absolutnego” statusu tego, co istnieje. Ponieważ analizujemy istnienie z jego wnętrza, nie możemy z zasady dociekać ostatecznej istoty wszechbytu – brakuje nam jakiegokolwiek „zewnętrznej miary”, którą moglibyśmy*

*się posłużyć. Skazani jesteśmy zatem na wiedzę relatywną – na inną po prostu z zasady brakuje nam pojęć.*

## 5

*Chodzi nam zatem jedynie o znalezienie, przy użyciu dostępnego aparatu pojęciowego, możliwie prostego i uniwersalnego opisu, który w sposób możliwie efektywny porządkowałby całość dostępnego nam istnienia. Kryterium adekwatności opisu powinna być jego użyteczność, spójność i płodność heurystyczna.*

## 6

*Z powyższych powodów wygodnie jest postawić hipotezę (w żaden absolutny sposób nieudowodnialną) o istnieniu materialnego świata zewnętrznego. Koncepcja ta pozwala na bardzo efektywną segregację (a więc uporządkowanie) zespołu dostępnych nam fenomenów (całości istnienia).*

## 7

*Świat zewnętrzny jest „zewnętrzny” wobec czegoś, co w pewnym sensie mamy dane bezpośrednio, a co, ponownie, wygodnie będzie nam nazwać świadomością, bez konieczności określania od razu jej statusu.*

## 8

*Możemy następnie badać, jakie relacje zachodzą pomiędzy tak rozumianym światem zewnętrznym (materią) a świadomością (umysłem). Do tego celu wykorzystujemy znaną nam „strukturę” świata i umysłu, w szczególności tę dostarczoną nam przez nauki przyrodnicze.*

## 9

*Przeprowadziwszy odpowiednią analizę, w ostatecznej instancji dochodzimy do diskutowanego powyżej błędnego koła, w którym duch i materia nawzajem się współwarunkują.*

## 10

*To, co nam pozostaje, to potraktować ducha, materię, czas, przestrzeń, poczucie własnego „ja” i wszystkie inne fenomeny*

*jako równouprawnione, znaczące przez konotację pojęcia w sieci pojęciowej, będącej wszystkim, do czego możemy mieć jakkolwiek dostęp. Oznacza to uznanie relatywnego jedynie statusu naszej wiedzy i rezygnację z „prawdy absolutnej” (patrz: Absolut – odniesienie urojone).*

Optymiście epistemologicznemu pożądanemu absolutu (w postaci doskonałej i „ostatecznej” matematyki, fizyki, filozofii itp.) powyższe konkluzje muszą się wydać bardzo rozczarowujące. Co sprawia, że nasza wiedza, włączając wiedzę naukową, jest tak niepewna i względna, jeśli chodzi o najbardziej fundamentalne podstawy jej prawomocności? Oczywiście, jak już Czytelnik zdążył się zapewne domyślić, odpowiedzialna jest za to ogólna, konotacyjna struktura sieci pojęciowej, stanowiącej „tworzywo” naszej świadomości i aparatu poznawczego, a zatem determinującej naturę, uprawomocnienie i ograniczenia posiadanego przez nas obrazu świata. To, że pojęcia (a tym bardziej przysługujące niektórym z nich nazwy językowe) korespondują z obiektami (aspektami) świata zewnętrznego na zasadzie denotacji, czyli wzajemnej jedno-jednoznacznej odpowiedniości, jest więc jedynie złudzeniem ludzkiego umysłu (będącym wynikiem niedostatków samopoznania). Wprost przeciwnie, rozwijająca się sieć pojęciowa „oplata się”, żeby użyć raz jeszcze tej analogii, wokół obiektywnych „faktów” świata, tak jak sieć pajęczna może oplatać trójwymiarową kamienną rzeźbę. Coraz gęstsze zaciskanie oczek sieci powoduje wyłuskiwanie coraz to nowych obiektów/aspektów świata przez sieć pojęciową lub też coraz wierniejsze oddanie powierzchni rzeźby przez strukturę sieci pajęcznej. Wierność ta nigdy jednak nie jest doskonała. Co więcej, tak jak tworzywo sieci pajęcznej różni się od tworzywa kamiennego posągu, tak substancja sieci pojęciowej jest kompletnie odmienna od substancji świata. To, ile aspektów świata zewnętrznego znajdzie swe odbicie w obrazie tego świata ukształtowanym w obrębie sieci pojęciowej, a także jak dokładnie te aspekty zostaną uwzględnione, zależy od stopnia (i kierunku) rozwoju danej sieci pojęciowej. Świat zewnętrzny jawi się w na-

szym umyśle tak wyraziście i zarazem bogato, że może wydawać się nam oczywiste, iż postrzegamy go takim, jaki jest w swej immanencji. To jednak całkowite złudzenie – umysł nasz „doświadcza” bezpośrednio jedynie pobudzeń pewnych fragmentów sieci pojęciowej przez (wcześniej odpowiednio zintegrowane i przetworzone) bodźce od narządów zmysłów. Nie ma zatem żadnej bezpośredniej i absolutnej więzi łączącej pojęcia z obiektami/aspektami świata. Pewna zgrubna odpowiedniość między strukturą sieci pojęciowej i strukturą świata powstała w zasadzie metodą prób i błędów, w trakcie ewolucji biologicznej, a także podczas rozwoju osobniczego. Jak argumentowałem wcześniej, reprezentacja „tego samego” obiektu świata zewnętrznego, jakim jest sarna, ma zupełnie inną postać w sieci pojęciowej kleszcza i człowieka (podobnie, pojęcie matki u niemowlęcia wygląda zupełnie inaczej niż to samo pojęcie u człowieka dorosłego). Zarówno podczas ewolucji biologicznej, jak i w trakcie rozwoju osobniczego dużą rolę w rozbudowie, a więc także w ukształtowaniu ostatecznej postaci sieci pojęciowej, odgrywa przypadek. Jeśli jeszcze uwzględnimy fakt, że struktura sieci pojęciowej stanowi pochodną nie tylko obiektywnej rzeczywistości, ale także struktury receptorów oraz integracji i asocjacji sygnałów od nich napływających przez nasz mózg, zrozumiemy, iż świat zewnętrzny dany nam jest jedynie w wielkim upośrodkowaniu (i zniekształceniu).

Sądzę, iż doprowadziło to – w momencie, gdy człowiek zwrócił się ku filozofii (łaknącej, niejako ze swej natury, prawdy absolutnej) – do powstania horrendalnego (z ludzkiego punktu widzenia) paradoksu, który nazywam ewolucyjną pułapką umysłu. Mianowicie, nasz umysł (aparat poznawczy) został przez proces ewolucji biologicznej zachodzącej w obiektywnie istniejącym (cokolwiek by to miało znaczyć) świecie ukształtowany tak (bo inaczej nie mógł), że nie jest on w stanie w sposób absolutny dowieść nawet istnienia tego świata. Jedyne, co mamy dane jako tak zwany świat zewnętrzny, to tylko pewien, odpowiadający mu, obszar sieci pojęciowej (na poziomie neurofizjologicznym, który jednakże należy już do świata zewnętrznego, obraz tego

świata stanowi fragment sieci neuronalnej wraz z jej „ślepo” urywającymi się zakończeniami – połączeniami nerwowymi wiodącymi od receptorów i do efektorów). Rodziło to pokusę uznania świata za wytwór (lub przynajmniej podrzędny element) świadomości. Z drugiej strony, od obserwowanej już wieki temu ewidentnej zależności zawartości umysłu od stanu ciała (zwłaszcza mózgu) był już tylko krok do uznania świadomości za wytwór materii. Stąd wziął się, omówiony powyżej, problem wzajemnej relacji między „duchem” a „materią”. Jest on w swej istocie nierozwiązywalny, a może nawet zgoła bezsensowny (o czym była już mowa wyżej). Niemniej „hipoteza świata zewnętrznego” wydaje się być bardzo użyteczna w rozumieniu operacyjnym, to znaczy w kategorializacji i manipulacji całym ogromnym spektrum dostępnych nam fenomenów. I tylko w tym instrumentalnym sensie możemy twierdzić o istnieniu świata obiektywnego, ale także o istnieniu naszego subiektywnego „ja”: w ostatecznej instancji oba te fenomeny okazują się jedynie odmiennie ukształtowanymi fragmentami sieci pojęciowej. Podobnie jest z pytaniem o istnienie lub nieistnienie bytów ogólnych (inny wielki problem filozoficzny): problem sprowadza się do rozmaitych interpretacji statusu pojęć wtórnych<sup>32</sup>. Nierozstrzygalność, czy wręcz bezsensowność problemów filozoficznych stanowi prostą pochodną naszej, ewolucyjnie ukształtowanej, neurofizjologii. Także humanistycznie zorientowana filozofia całkowicie przeoczyła fundamentalny fakt, iż wiele immanentnie „ludzkich” właściwości naszej psychiki, kultury i obrazu świata zostało ukształtowanych przez akcydentalne w swej naturze zdarzenia zachodzące w trakcie ewolucji biologicznej.

Jeśli więc empiria nie jest w stanie dostarczyć nam wiedzy w absolutny sposób pewnej, bo w naszej reprezentacji świata utworzonej w sieci pojęciowej tyleż „koniecznych”

<sup>32</sup> Ogarnia mnie smutek na myśl o tym, ile traktatów filozoficznych zostało napisanych na temat natury bytów ogólnych, który to problem znika całkowicie, gdy uświadomimy sobie, iż są one jedynie psychicznym korelatem niektórych struktur asocjacyjnych w naszym mózgu.

cech tego świata, co akcydentalnych przypadłości samej sieci, to może pomocny byłby tutaj „czysty rozum” (termin wprowadzony przez Kanta) i jego, powszechnie uważane za doskonale i uniwersalnie prawdziwe, twory: logika i matematyka? Czy chociaż w tych dziedzinach nie zdołalibyśmy poczuć tchnienia absolutu? Nic z tego. Problem polega na tym, że tak zwany czysty rozum, czyli najbardziej zdawałoby się abstrakcyjna i od świata niezawisła refleksja, także ma swoje korzenie w empirii. Nie mam zamiaru upierać się literalnie przy *credo* empiryzmu *nihil in mente quod non prius in sensu*, ponieważ oprócz zmysłów nasz umysł kształtują także wrodzone mechanizmy integracyjno-asocjacyjne. One z kolei stanowią pochodną doświadczeń naszych przodków (a więc znowu: empirii!), lecz także biologicznego tworzywa mózgu oraz przypadku. Ultymatywnie, nasz obraz świata zewnętrznego ma dwie komponenty: empiryczną i akcydentalną, przy czym nawet ta pierwsza pozwala jedynie na przybliżone i niedoskonałe tego świata odwzorowanie. Dla oczyszczonego z empirii umysłu pozostaje zatem już tylko przypadek. Nawet takie dziedziny jak logika i matematyka są na wskroś empiryczne, chociażby tylko dlatego, że operują one na obiektach i relacjach wziętych żywcem ze świata zewnętrznego (a właściwie z narządów zmysłów), po uprzednim wyabstrahowaniu i wysublimowaniu z nich pewnych cech. Nie mają natomiast żadnego kontaktu z idealnym światem platońskim matematycznych idei (moim zdaniem żaden taki świat nie istnieje).

Nasza logika i matematyka, czyli ta, do której mamy dostęp (żeby nie powiedzieć: która jest wytworem naszego umysłu), opiera się wyłącznie na posiadanej przez nas sieci pojęciowej, wywodzącej się z fizycznego świata rzeczywistego (jego odbicie ukształtowało się w niej w trakcie ewolucji osobniczej i biologicznej), z dużą jednakże przymieszką akcydentalności i dowolności. Mówiąc w ogromnym skrócie<sup>33</sup>,

<sup>33</sup> Temat ten poruszam znacznie szerzej w moich poprzednich książkach: *Absolut – odniesienie urojone* i *Trzy ewolucje*.



logika nijak się ma w sposób absolutny do rzeczywistego świata, ponieważ z definicji operuje ona na absolutnie ostro wyodrębnionych obiektach i kategoriach (zbiorach), a takich po prostu w tym z natury swej ciągłym i nie do końca dającym się poszufladkować świecie nie dostaje. Podobnie arytmetyka, operująca na liczbach całkowitych, nie ma czego „liczyć” w realnym świecie, ze względu na nieistnienie idealnie dookreślonych i wyodrębnionych fenomenów. Z kolei stworzony przez ludzi bezlik różnych rodzajów geometrii, z których niektóre przynajmniej zdają się opisywać strukturę czasoprzestrzeni Wszechświata, obarczony został już w powiciu kardynalnym błędem, który matematycy, wierząc w absolutną spójność i doskonałość swej dyscypliny, próbowali od wieków zakamuflować lub odtłumaczyć. Chodzi mianowicie, mówiąc w uproszczeniu, o trywialny fakt, że na odcinku prostej nieskończona ilość punktów pomnożona przez zerowe rozmiary punktu daje w jednym przypadku długość 3 (w jakichś jednostkach, na przykład centymetrach), w innym zaś 5 (w tych samych jednostkach).<sup>34</sup> Bardziej ogólnie stanowi to wyraz problemu nieskończoności (w tym przypadku: nieskończoności mocy *continuum*), dotyczącego zarówno wielkości nieskończenie dużych, jak i nieskończenie małych (zerowych). Pojęcia powyższe, którymi matematycy operują z taką swobodą i beztrząsą, nie mają moim zdaniem nic wspólnego z materialną rzeczywistością, więcej – są wewnętrznie sprzeczne (próby „odtłumaczenia” tej sprzeczności przez tak zwaną analizę niestandardową prowadzą, w moim odczuciu, jedynie do jej zepchnięcia w nieco odmienny kontekst pojęciowy, gdzie trudniej jest nazwaną sprzeczność wytropić).

Uważam, że istnieje jedna niesprzeczna i wewnętrznie spójna matematyka, tożsama z konieczności ze strukturą rzeczywistego świata. Sądzę, iż matematyka ta łączy w sobie dyskretność arytmetyki z ciągłością geometrii, godząc w ja-

<sup>34</sup> W nieco odmienny sposób sprzeczność tę sformułował Zenon z Elei w swoim słynnym paradoksie żółwia i Achillesa.

kiś sposób te pozornie przeciwstawne własności: „nasza” arytmetyka i geometria stanowią jedynie niedoskonałe odzwierciedlenie w naszej sieci pojęciowej dwóch różnych aspektów tej jedynej możliwej matematyki<sup>35</sup> (inna rzecz, czy sama najbardziej podstawowa konstytucja naszego umysłu pozwoli kiedykolwiek na skonstruowanie takiej matematyki w obrębie naszej sieci pojęciowej). Uważam, iż mnogość istniejących i wolność w tworzeniu nowych systemów matematycznych (a także logicznych) opartych na rozmaitych kombinacjach aksjomatów świadczy najdobitniej

<sup>35</sup> Użyję tu jako prostego przykładu pewnego wymyślnego rozwiązania, zastrzegając się, iż nie mam najmniejszego pojęcia, czy posiada ono jakikolwiek realny sens. Wyobraźmy sobie, iż problem wielkości nieskończenie małych można rozwiązać w ten sposób, że istnieje pewna najmniejsza możliwa odległość w przestrzeni (i czasie). Nazwijmy ją  $b$ . Nie oznacza to, iż przestrzeń jest nieciągła i składa się z dyskretnych kulek o średnicy  $b$  (a czas z momentów o długości  $b/c$ , gdzie  $c$  to szybkość światła). Po prostu, schodząc do coraz to mniejszych skal wielkości, nigdy nie osiągniemy dystansu mniejszego niż  $b$  (tak jak ciągle zwiększając szybkość nigdy nie przekroczymy szybkości światła, zgodnie ze szczególną teorią względności). Przy skalach wielkości rzędu  $b$  odległości nie sumowałyby się addytywnie, na przykład  $b + b$  byłoby mniejsze niż  $2b$  (podobnie, wielkie prędkości nie sumują się addytywnie w teorii względności). Oznaczmy dystans klasyczny („pozorny”) przez  $l$ , hipotetyczny „prawdziwy” dystans przez  $d$  oraz założmy że, na przykład,  $d = l + b^2/(b + l)$ . Wtedy dla klasycznego dystansu ( $l$ ) równego 0 prawdziwy dystans  $d$  równałby się najmniejszej możliwej odległości  $b$ . Z drugiej strony, w skalach wielkości dużo większych od  $b$ , pozorny dystans byłby prawie idealnie równy prawdziwemu dystansowi. Wyjaśniałoby to, dlaczego w naszej makroskopowej rzeczywistości oba dystanse wydają się nam identyczne. Powyższe rozwiązanie jest w pewnym sensie równoważne zależności stopnia zakrzywienia przestrzeni od skali wielkości: w makroskali przestrzeń jest (w przybliżeniu: pamiętajmy o ogólnej teorii względności) płaska, natomiast w skali rzędu  $b$  przestrzeń jest zakrzywiona nieskończenie (zerowy promień krzywizny). Wartość  $b$  mogłaby odpowiadać tzw. długości Plancka, wynoszącej ok.  $10^{-35}$  m.

Takie rozwiązanie miałyby ogromne konsekwencje w fizyce. Na przykład, długość fali światła ( $\lambda$ ) nie mogłaby być mniejsza niż  $b$ , a więc istniałaby maksymalna możliwa energia fotonu ( $E = hc/\lambda$ , gdzie  $h$  to stała Plancka). Studnie potencjału nie dążyłyby do nieskończonych wartości w pobliżu swego środka (wartość potencjału, np. grawitacyjnego lub elektrycznego, jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości) i nie byłoby potrzebny stosowania procedury renormalizacji w celu uniknięcia nieskończoności



o tym, że nie dotarliśmy jeszcze do prawdziwych podstaw matematyki, a wielość ta stanowi prostą pochodną ukrytych lub na poły uświadomionych sprzeczności i niespójności.

O wewnętrznej sprzeczności (utworzonej w obrębie naszej sieci pojęciowej) logiki świadczyć może chociażby następujący przykład. Jak wiemy, jednym z podstawowych pojęć logiki jest zbiór, czyli pewna kategoria zawierająca jakąś liczbę elementów (liczba ta może być równa zeru w przypadku tak zwanego zbioru pustego, może też być skończona lub nieskończona). Elementami zbioru mogą być konkretne obiekty (zbiór czerwonych samochodów), abstrakcyjne byty (zbiór myśli związanych z wymiarem sprawiedliwości u Józefa K.) lub też inne zbiory (na przykład zbiór zbiorów nie będących swoimi własnymi elementami, występujący w słynnej antynomii Russella – patrz niżej). Weźmy teraz zbiór wszystkich zbiorów. Jego znaczenie (czyli intensja) wydaje się być czymś absolutnie jasnym i niezmiernie łatwym do pomyślenia, jak na przykład zbiór wszystkich osób znajdujących się w danym pomieszczeniu. I tu czeka nas niespodzianka. Otóż okazuje się, że „zbiór wszystkich zbiorów” stanowi wewnętrznie sprzeczny czy też zgoła bezsensowny zlepek słów (nie desygnuje żadnego sensownego obiektu, a zatem jego ekstensja w sposób absolutny nie istnieje). Udowodniono bowiem ponad wszelką wątpliwość twierdzenie, iż zbiór wszystkich podzbiorów każdego zbioru musi być większy niż ten zbiór. Jeśli więc zbiór wszystkich podzbiorów zbioru wszystkich zbiorów jest większy niż zbiór wszystkich zbiorów, to ten ostatni nie może być zbiorem wszystkich zbiorów, czyli samym sobą. Podobny paradoks zawiera w so-

---

masy elektronu otrzymywanej w obrębie elektrodynamiki kwantowej (QED). W ogólnej teorii względności nie pojawiałyby się osobliwości w strukturze czasoprzestrzeni. Mam nadzieję, iż matematycy nie obruszą się na mnie za uprawianie *mathematical fiction*. Nie chodzi mi o zaproponowanie jakiegoś konkretnego rozwiązania, a jedynie o pokazanie, na wymyślonym przykładzie, jak głęboko, moim zdaniem, muszą sięgać zmiany w samej najbardziej podstawowej strukturze znanej obecnie matematyki i fizyki, aby dokonała się naprawdę istotna rewolucja (o ile taka w ogóle jest możliwa) w naszym rozumieniu rzeczywistego świata.

bie powszechnie znana antynomia Russella, zawierająca się w fakcie, iż zarówno twierdząca, jak i przecząca odpowiedź na pytanie: „czy zbiór wszystkich zbiorów nie będących swoim własnym elementem jest swoim własnym elementem?” dają w rezultacie sprzeczność. W swoim słynnym dowodzie Gödel skonstruował w systemie zdań matematycznych odpowiednik zdania: „niniejszym dowodzi się, iż całe to zdanie nie może być dowiedzione”, burząc tym samym mit o zupełności i spójności matematyki. To, co dla logików stanowi katastrofę, rozsadzającą krystaliczną jakoby doskonałość ich dziedziny, dla mnie jest wyrazem konotacyjnej i ciągłej („analogowej”) struktury sieci pojęciowej.

W ogólności, logika i matematyka nie mogą pretendować do miana absolutnie spójnych i „prawdziwych”, ponieważ obie są, najbardziej co prawda doprecyzowanymi i sformalizowanymi, formami języka. Nazwy języka nie odnoszą się bezpośrednio (wbrew temu, co mogłoby się na pierwszy rzut oka wydawać) do obiektów świata rzeczywistego lub świata platońskich idei – one jedynie denotują, jak to już wyjaśniałem powyżej, rozmaite, z reguły najlepiej wyodrębnione i dookreślone pojęcia w sieci pojęciowej. Pojęcia stanowią zatem jedyną drogę, jedyne ogniwo pośrednie, za pomocą którego może zostać ustanowiona wzajemna korespondencja między faktami świata (rzeczywistego lub platońskiego) a nazwami językowymi. A ponieważ zarówno przystawalność między faktami świata a pojęciami w sieci pojęciowej, jak i odpowiedniość między pojęciami a nazwami językowymi nie są doskonałe, tym większy rozdźwięk musi dzielić świat zewnętrzny (lub platońskich idei) od jego językowego opisu. Dotyczy to zarówno nauki, jak i sfery potocznej, a także, w szczególności, filozofii. Oczywiście, ludzki umysł wykazuje szczególną predylekcję do posługiwania się językiem – tak wielką, iż gotów jest do absolutyzacji nazw językowych i ich znaczenia. Znajduje to dobitny wyraz chociażby w nagminnym produkowaniu nazw pustych (hipostaz) w obrębie filozofii, czy też w przypisywaniu słowom mocy sprawczej w magii. Wczesny Wittgenstein (*Tractatus Logico-Philosophicus*) posunął się do utożsamienia struktury języka ze struk-

turą poznania, więcej – strukturą świata. To jednakże tylko ułuda, spowodowana wrodzoną skłonnością ludzkiego mózgu do posługiwania się językiem, która to skłonność wynika z ewolucyjnej użyteczności języka w rozwijających się społeczeństwach ludzi pierwotnych. Nazwy językowe, poprzez swoją skwantowaną, dyskretną naturę, często absolutnie ostro wyodrębniają i określają aspekty rzeczywistości, które wcale tak dobrze wyodrębnione nie są ze względu na ciągłą w swej istocie strukturę świata.

Dotyczy to przede wszystkim terminów ogólnych, ale także nazw bytów indywidualnych. Na przykład zgrupowanie zespołu atomów składających się na daną osobę (obdarzmy ją imieniem Jan) w jeden obiekt, ostro wyodrębniony z jego otoczenia, to operacja całkowicie arbitralna i subiektywna. Jan ciągle wymienia materię z otoczeniem – oddycha, przyjmuje pokarm i poci się (by nie wspominać już innych czynności fizjologicznych), a więc zbiór atomów, z których jest zbudowany, ulega ciągłemu odnawianiu. Jeśliby Jana rozebrać na atomy metodą nie od razu radykalną, lecz stopniowo, odejmując mu atom po atomie, to nikt nie potrafiłby określić, gdzie należy przeprowadzić granicę pomiędzy Janem a nie-Janem. Dotyczy to także świadomości Jana, która jest wszakże pochodną funkcjonowania jego mózgu, a więc w ostatecznej instancji – pewnego skomplikowanego ruchu atomów. Powszechnie (co wynika z tradycji) zakłada się niezależne i całkowicie autonomiczne istnienie faktów świata oraz nazw językowych. Twierdzę jednak, iż tak zwane fakty są konstytuowane przez nasz język (oraz leżące u jego podstawy pojęciowe struktury poznawcze naszego mózgu) z docierającego do nas „chaosu”, czy raczej „bezsensu” bodźców zmysłowych. To, czy Jana uznamy za fakt, czy też nie, zależy od sposobu integracji wrażeń napływających od receptorów. Fakty są kategoriami naszego umysłu, a nie obiektywnie istniejącymi kategoriami świata. A zatem język posługuje się nazwami nie posiadającymi dobrze określonych desygnatów, czy to w świecie zewnętrznym, czy też w świecie platońskich idei matematycznych. Dokładniej problem ten omawiam w moich poprzednich książkach.

Faktotwórcza natura języka rzutuje na całą naszą kulturę, naukę, religię i sferę potoczną, kształtuje formę i treść ludzkiego myślenia. Nauki ścisłe i przyrodnicze różni od na przykład filozofii i religii metodologia, zapewniająca (względnie dobrą) przystawalność struktur językowych (i pojęciowych) do struktur świata. Przystawalność ta jest jednak daleka od doskonałości, i to właśnie różni naukę rzeczywistą od częstych wyidealizowanych wyobrażeń o niej. Błąd hipostazy polega tutaj na naiwnej wierze w absolutnie realne i „ostre” istnienie takich obiektów opisywanych przez naukę, jak orbita elektronu, siła grawitacji czy gatunek biologiczny, będących pojęciami abstrakcyjnymi i/lub ogólnymi, ale także takich jak planeta Ziemia czy konkretny osobnik jakiegoś gatunku biologicznego. Termin „realne” nie określa w tym wypadku istnienia poza naszą psychiką w ogóle, czego bynajmniej nie mam zamiaru negować, a tylko istnienie w formach, kategoriach lub nawet wartościach będących wytworem ludzkiej świadomości. Nie podzielam przy tym skrajnego poglądu Immanuela Kanta, iż „rzeczy same w sobie” są całkowicie niepoznawalne. Gdyby nasze kategorie pojęciowe nie miały nic wspólnego z realnymi strukturami świata, nie przetrwalibyśmy jako gatunek biologiczny, a tym bardziej nie osiągnęlibyśmy tak spektakularnych sukcesów w rozwoju nauki i techniki, które są przecież naszym udziałem. Jednak nawet bardzo duża przystawalność struktury sieci pojęciowej do struktury świata zewnętrznego nie oznacza w żadnym razie przystawalności doskonałej (poza tym stopień przystawalności może być bardzo różny dla różnych aspektów świata).

Względność i nieoczywistość najbardziej podstawowych cech ludzkiego oglądu świata można sobie łatwo uzmysłowić na przykład poprzez porównanie zmysłu wzroku u człowieka i innych zwierząt żyjących na kuli ziemskiej. Podstawową cechą naszego widzenia jest percepcja obrazu. Jeżeli patrzymy na coś, na przykład na obraz zatytułowany *Mona Lisa*, widzimy przynajmniej pewien rozkład przestrzenny barwnych plam (które nasz mózg integruje, na podstawie wpojonych weń wzorców kulturowych, w portret tajemniczo uśmiechniętej kobiety w żałobie). Jeżeli jednak spojrzeli-

byśmy na ten sam obraz oczyma (a przede wszystkim: mózgiem!) żaby, to ukazałoby się nam coś zupełnie innego. Żaba postrzega przede wszystkim ruch, dlatego wiszący na ścianie portret pozostałby dla niej jedynie równomiernym tłem, pozbawionym barwy czy nawet jasności (już więc stwierdzenie, że żabie jawi się monotonne tło, stanowi pewne nadużycie). Natomiast przelatująca na tle obrazu mucha, którą my ledwie byśmy zauważyli, wyzwoliłaby w mózgu żaby gwałtowną reakcję jako jedyny postrzegany przez nią obiekt! Omawiany płaz ma oko zbudowane bardzo podobnie do nas, wrażliwe na ten sam zakres promieniowania elektromagnetycznego, skupiające obraz na siatkówce za pomocą soczewki. Zatem ten sam przestrzenny rozkład sygnałów świetlnych powoduje w obu przypadkach podobny rozkład przestrzenny pobudzenia komórek światłoczułych na dnie gałki ocznej. Powodem tego, że żaba i człowiek postrzegają zupełnie co innego, jest całkowicie odmienny sposób integracji sygnałów pochodzących z siatkówki przez ich mózgi. Mówiąc w wielkim uproszczeniu, mózg ludzki ma większą skłonność do wytwarzania obrazów w oparciu o **przestrzenne** zróżnicowanie pobudzeń komórek światłoczułych na różnych obszarach siatkówki, natomiast mózg żaby jest nastawiony preferencyjnie na rejestrowanie zmiany pobudzeń poszczególnych komórek światłoczułych w **czasie**. Innymi słowy, mózg człowieka intensywnie odbiera informację typu „ta komórka światłoczuła jest pobudzona, ale jej sąsiadka na siatkówce nie” (lub odwrotnie), natomiast mózg żaby najchętniej reaguje na wiadomość „ta komórka światłoczuła przed chwilą nie była pobudzona, a teraz jest” (lub odwrotnie)<sup>36</sup>. Mechanizmy obróbki danych zmysłowych tkwią tak głęboko w najbardziej podstawowych kategoriach naszego myślenia i oglądu świata, że chętnie uważamy je za cechy samego świata.

<sup>36</sup> Różnica pomiędzy żabą a człowiekiem nie jest aż tak drastyczna, jak zdawałby się sugerować ten uproszczony opis. Człowiek także ma pewną preferencję do postrzegania ruchu, szczególnie w mroku i na obrzeżu pola widzenia.

Z żabą łączy nas przynajmniej bardzo podobna budowa receptora zmysłu wzroku – oka. Jednakże nawet tego podobieństwa brakuje, gdy porównamy człowieka z owadami. Owady odbierają zakres barw od ultrafioletu do pomarańczowej, podczas gdy człowiek – od fioletu do czerwieni. Mają one także zupełnie niepodobne do naszego oko złożone, zbudowane z oczek prostych, czyli ommatidiów. Wreszcie widzą polaryzację światła, niedostrzegalną dla nas. Możemy więc podejrzewać, że ich obraz świata jest całkowicie nieporównywalny z naszym (pomijając już, oczywiście, ogromną różnicę w wielkości i stopniu złożoności mózgu).

Nawet przy „normalnym” (czyli ludzkim) widzeniu, to znaczy przy widzeniu zwłaszcza obrazu, grupowanie pewnych zespołów bodźców w „fakty” czy też „struktury poznawcze” jest pochodną integracji tych bodźców przez nasz mózg. Możemy wyobrazić sobie istoty nie posiadające w opisie swojego świata kategorii odpowiadających dobrze naszym pojęciom przestrzeni, czasu lub przyczynowości (a w zamian dysponujące jakimiś innymi, całkowicie dla nas nieogarnialnymi konfiguracjami pojęć). Zapewne byłyby one gorzej od nas przystosowane do życia w rzeczywistym świecie i poznawania go. Nie można jednak wykluczyć, że robiłyby to równie dobrze jak my, lub nawet lepiej. Miałyby odmienną od naszej logikę i nawet „rzeczywistość” znałyby dla nich coś innego. Nie jesteśmy w stanie znaleźć najbardziej podstawowego elementu naszego umysłu, o którym moglibyśmy z całą pewnością powiedzieć, że jest obiektywnym faktem czy aspektem świata.

Innego przykładu na pozorną jedynie oczywistość form, w których postrzegamy świat, można zaczerpnąć z humanistycznie zorientowanej filozofii (której generalnie nie lubię). Jak już o tym mówiłem powyżej, najgłębiej chyba zakorzenioną kategoriaлизacją w ludzkim umyśle jest podział ogółu dostępnych fenomenów na świadome „ja” oraz świat zewnętrzny, w którym ono bytuje. Otóż Heidegger zaproponował, by za ontologicznie pierwotny fenomen przyjąć relację „bycia w świecie”, oba zaś człony tej relacji, a więc zarówno *ego* jak i świat, uznać za wobec niej wtórne. Za

podobnie pierwotne przyjął on „bycie w czasie”. Tego rodzaju propozycje uważam za mało płodne heurystycznie gry pojęciowe, jednakże uczciwość poznawcza zmusza mnie do przyznania, że nie potrafiłbym wskazać żadnej zasadniczej przewagi tradycyjnego poglądu nad propozycją Heideggera, poza użytecznością.

Mówiliśmy tu dotychczas głównie o występujących u różnych organizmów różnicach w **celowym** ukształtowaniu (w procesie ewolucji biologicznej) budowy receptorów oraz mechanizmów integracyjnych w mózgu. Jednakże fundamentalne znaczenie dla cech ludzkiego umysłu mogą mieć czynniki całkowicie **akcydentalne**. Wcześniej zaproponowałem tezę, iż tak ostre rozgraniczenie w naszej psychice na ducha (ja, samoświadomość) oraz materię (świat fizyczny, zewnętrzną rzeczywistość) może być spowodowane znacznym oddaleniem przestrzennym kory sensorycznej (ciemniowej i skroniowej), będącej „siedliskiem” obrazu świata, od kory „decyzyjnej” (przedczołowej), gdzie mieści się pamięć operacyjna, „wolna wola” oraz poczucie własnego „ja”. Jak pamiętamy, oba te obszary kory mózgowej łączy „Centralna Magistrala Mózgowa”, która nie może być w pełni funkcjonalna ze względu na długość połączeń (ponad 10 cm dla każdego aksonu). Tej magistrali mogłoby w ogóle nie być, gdyby przebieg embriogenezy mózgu został odmiennie ukształtowany u naszych przodków (porównaj ryc. 3 i związane z nią rozważania). Wtedy komunikacja pomiędzy obrazem świata a siedliskiem *ego* zachodziłaby o wiele sprawniej, oba ośrodki mogłyby być o wiele lepiej ze sobą zintegrowane i przez to w naszej psychice w ogóle nie wykształciłoby się rozróżnienie na treść świadomości i świat zewnętrzny (lub miałoby ono odmienną, mniej „konfliktogenną” formę). Jeśli mam rację, to całą filozofię należałoby zacząć od neurofizjologii i na neurofizjologii ją zakończyć.

Przypomnijmy sobie o omawianej już, wraźniowej (przynajmniej częściowo – pamiętajmy o komponencie asocjacyjnej) naturze (substancji) pojęć, a w szczególności ogólnych pojęciowych struktur poznawczych, nadających formę nowo stworzonym pojęciom. Na przykład ostateczna postać wrażeń

wzrokowych ma w naszym subiektywnym odczuciu taką a nie inną formę, ponieważ nasz mózg traktuje sygnały docierające od oczu jako wzrokowe. Gdyby przeciąć nerw słuchowy prowadzący od ucha i połączyć go z, także przeciętym, nerwem wzrokowym prowadzącym do mózgu (kory wzrokowej), ujrzelibyśmy bezładnie się poruszającą mozaikę plam (coś na kształt szumów w telewizorze). Operacja odwrotna (podłączenie nerwu wzrokowego biegnącego od oka do kory słuchowej) spowodowałaby subiektywne odczucie kakofonii dźwięków.

Mechanizmy integrujące sygnały od receptorów wpływają w sposób przytłaczający (i ciągle jeszcze niedoceniany) na istotę, możliwości i zasięg ludzkiego myślenia i poznania. Najbardziej podstawowe formy i kategorie naszego oglądu świata zewnętrznego pochodzą wprost ze sposobu obróbki przez nasz mózg sygnałów docierających od receptorów. Aby to sobie w pełni uzmysłowić, zastanówmy się raz jeszcze, jak może wyglądać „świat” owadów, wyposażonych w oczy złożone, czy też nietoperzy, tworzących obraz świata głównie na podstawie echolokacji. Nasz sposób oglądu świata nie jest więc z pewnością jedynym możliwym. A jednak to na nim opiera się cały ogromny gmach roszczonej sobie pretenzje do absolutu filozofii, wraz z jej głównymi dziedzinami: ontologią i epistemologią. Brak rozpoznania przez filozofię (a przynajmniej ogromną jej część) faktu, iż nie mówi ona o absolutnym, obiektywnym świecie zewnętrznym, a jedynie o subiektywnym i dość przypadkowym „świecie” ukształtowanym w naszych głowach, odbiera w istocie rzeczy refleksji filozoficznej jakikolwiek sens. Budowanie systemów filozoficznych bez znajomości podstawowych zasad funkcjonowania ludzkiego mózgu przypomina nieco próby orzekania o naturze materii (cztery żywioły i tak dalej) przed powstaniem nowoczesnej fizyki. Albowiem status pojęć, struktura sieci pojęciowej i wynikająca z nich natura naszego obrazu świata (determinująca nasze ograniczenia poznawcze) musi stanowić bezwzględny punkt wyjścia dla jakiegokolwiek wiarygodnej ontologii i epistemologii.

Żeby użyć prostego przykładu, wrodzona silna tendencja do percepcji linii prostych może z łatwością rzucić światło na



nasze naturalne upodobanie do geometrii euklidesowej. Wspomniana predylekcja ludzkiego mózgu do wyodrębniania z mniej lub bardziej ciągłego obrazu dyskretnych obiektów (które „w rzeczywistości” wcale tak ostro wyodrębnione nie są) znajduje odbicie w skłonności do kwantyfikacji świata, co, z jednej strony, legło u podstawy wytworzenia języka (składającego się przecież z dyskretnych nazw denotujących obiekty), a z drugiej strony – zrodziło potrzebę powstania pojęcia liczby (liczenie obiektów), skąd już tylko krok do arytmetyki. Pojęcie (kategoria) przyczynowości, albo też, szerzej, ciągłości w czasie, na poziomie neurofizjologicznym stanowi rezultat łączenia w jeden obiekt plamy przesuwającej się na powierzchni siatkówki w taki sposób, że w sąsiednich momentach czasowych zajmuje ona sąsiednie położenia przestrzenne, a nie zaś, na przykład, lata bezładnie po całej powierzchni siatkówki, gwałtownie przeskakując z jednego jej obszaru na inny.

Nie ulega więc chyba wątpliwości, że wyróżnianie takich poznawczych form i kategorii jak czas, przestrzeń, związek przyczynowo-skutkowy czy dyskretny obiekt (a w zasadzie – także wszystkich innych pojęć i kategorii) stanowi w całości domenę sposobu percepcji bodźców przez nasz mózg. Oczywiście, wszystkie obecne w nim mechanizmy integracyjne i asocjacyjne dała nam ewolucja biologiczna, która zadbała o to, aby nasze kategorie i pojęcia nie były całkowicie oderwane od świata zewnętrznego, aby „coś” im w tym świecie odpowiadało. Nigdy jednak nie dowiemy się do końca, co mianowicie, i żadna filozofia nic nam tu nie pomoże.

Nauka, dzięki swej metodologii, zapewnia znacznie lepszą przystawalność map pojęciowych swoich poszczególnych dyscyplin do rozmaitych aspektów świata zewnętrznego, niż ma to miejsce w przypadku filozofii. Jednakże również nauka nigdy nie pozwoli nam na dotarcie do ultymatywnej i absolutnej istoty świata. Przyczyna jest prosta i, w świetle całej powyższej dyskusji, trywialna. Nauka stanowi mianowicie jedynie fragment zbiorowej sieci pojęciowej kultury (szerzej dyskutuję to w *Trzech ewolucjach*), a wobec tego nie może pretendować do idealnej przystawalności do struktur

świata (im bardziej badane przez naukę aspekty rzeczywistości odległe są od naszego codziennego doświadczenia, tym większe pojawiają się problemy ze spójnością rozmaitych domen sieci pojęciowej i ich przystawalnością do rzeczywistości: widać to chociażby w przypadku mechaniki kwantowej i ogólnej teorii względności). Pojęcia w nauce są o wiele lepiej dookreślone niż pojęcia w filozofii lub sferze potocznej, ale różnica jest jedynie ilościowa, a nie jakościowa. Nie wierzę zatem w ostateczną Wielką Unifikację całej nauki – nieodłączną cechą naszego widzenia świata zawsze pozostanie aspektowość.

Gwoli podsumowania: fakt konotacyjnego znaczenia pojęć w sieci pojęciowej ma trudną do przecenienia wagę dla zrozumienia istoty ludzkiej świadomości oraz stopnia uprawomocnienia naszego poznania, statusu utworzonego z jego udziałem obrazu świata. Konotacyjny charakter sieci pojęciowej nieuchronnie wynika ze struktury jej fizycznego nośnika – sieci neuronalnej. Ponieważ nasz umysł ma bezpośredni dostęp jedynie do sieci pojęciowej, tylko przez jej pryzmat możemy orzekać o świecie zewnętrznym, naszej (samo)świadomości, a także o samej tej sieci. W konotacyjnej sieci pojęciowej wszystkie sensy i znaczenia istnieją tylko i wyłącznie w odniesieniu do innych sensów i znaczeń. Status naszych sądów może być jedynie relatywny, zależny od kontekstu otaczających je sensów<sup>37</sup>. Pojęcia nie desygnują bezpośrednio żadnych obiektów spoza sieci pojęciowej – ich znaczenie realizuje się jedynie wobec innych pojęć. Wynika stąd nieuchronnie całkowita niemożność głoszenia prawd w jakikolwiek sposób absolutnych, ważnych bez względu na odniesienie. Oznacza to pochówek tradycyjnie pojmowanej filozofii.

<sup>37</sup> Zadziwić może to, iż ostatnio coraz bardziej relatywność i współwarunkowanie pojawia się w tak tradycyjnie absolutystycznej i „obiektywnej” nauce, jaką jest fizyka.



## ZAKOŃCZENIE

Tu dobiega kresu nasza droga prowadząca od pojedynczego neuronu do ludzkiej (samo)świadomości. Podążając za osią przewodnią tej książki, próbowaliśmy prześledzić, jak z funkcjonowania odpowiednio zorganizowanego zespołu elementów wyłania się SYSTEM. Po drodze zobaczyliśmy, jak komórki nerwowe łączą się w zdolne do modyfikacji swojej struktury (czyli do nauki) sieci neuronalne, jak sygnały pochodzące od receptorów obrabiane są przez struktury integracyjne i asocjacyjne, jak podejmowane są decyzje, by następnie zostać wdrożone w życie poprzez rozpisanie na szczegółowe dyrektywy dotyczące uruchomienia odpowiednich efektorów. Ujrzelśmy, w jaki sposób popędy oraz system nagrody/kary ukierunkowują ewolucję sieci neuronalnej w trakcie rozwoju osobniczego, skąd się biorą emocje, a także dlaczego niemożliwa jest świadoma wolna wola. Przekonaliśmy się o przemożnym wpływie konotacyjnej natury sieci neuronalnej na istotę obiektów mentalnych: pojęć, a także ich pochodnych – wrażeń, myśli, wspomnień... Zrozumieliśmy, jak ogromny jest wpływ sposobu działania ludzkiego mózgu na kształt, status poznawczy i ograniczenia naszego obrazu świata, w tym filozofii, logiki, matematyki i nauki. Wreszcie, przedstawiony nam został mechanizm, na mocy którego samoświadomość oraz uwarunkowany nią psychiczny poziom rzeczywistości (sfera subiektywnych stanów mentalnych) mogły wyłonić się z funkcjonowania móz-

gu na poziomie biologicznym (neurofizjologicznym). Stańliśmy zatem wobec próby wyjaśnienia samego sedna istoty człowieczeństwa. Czy pojęliśmy, na czym ona polegała?

I tak, i nie. Jeśli nawet zaprezentowana propozycja przekonała nas w sposób racjonalny co do swojej prawdziwości i/lub heurystycznej płodności, to z pewnością pozostał pewien niedosyt. Wolelibyśmy – zamiast otrzymać czysto instrumentalną, operacyjną receptę na to, w jaki sposób wytworzyć (samo)świadomość – ujrzeć „naocznie”, jak świadomość wyłania się jako wynik pewnego specyficznego rodzaju złożoności charakteryzującego leżący u jej podstaw zespół procesów. Jednakże, jedno z najważniejszych przesłań niniejszej książki stanowi teza, iż spełnienie tego życzenia pozostanie na zawsze niemożliwe. Nasz ukształtowany przez ewolucję mózg nie jest w stanie przydać złożoności równie obiektywnego statusu, jak przestrzeni czy materii. Dostrzeżenie istoty samoświadomości przypomina trochę próbę zobaczenia czterowymiarowego sześcianu lub zakrzywionej czasoprzestrzeni – nasz umysł nie ma do nich bezpośredniego, „naocznego” dostępu, możemy jedynie przybliżać je sobie poprzez podanie ciągu operacji (matematycznych, cybernetycznych, konceptualnych) prowadzących do ich skonstruowania, a także poprzez prześledzenie implikacji płynących z ich natury (na przykład relacji z innymi fenomenami). Na nic więcej nas nie stać.

Jako właściwość leżąca u podstawy istoty (samo)świadomości została nam zaproponowana relacja samostosowalności (nakierowania na samego siebie). Godnym uwagi wydaje się fakt, iż relacja ta jest identyczna z konceptualną strukturą słynnych paradoksów logiczno-matematycznych, na czele z paradoksem kłamcy, antynomią klas Russella i dowodem Gödla, które obaliły mit o spójności i niesprzeczności logiki i matematyki. Jeśli zatem zgodzimy się przyjąć powyższą propozycję za dobrą monetę, musimy przystać na fakt, iż wszyscy jesteśmy w pewnym sensie dziećmi paradoksu.

**SUGESTIE DALSZEJ LEKTURY  
(TYTUŁY DOSTĘPNE W JĘZYKU POLSKIM)**

- Yaser S. Abu-Mostafa, *Uczące się maszyny*. „Świat Nauki”, czerwiec 1995, s. 40–45.
- John D. Barrow, *Pi razy drzwi. Szkice o liczeniu, myśleniu i istnieniu*. Prószyński i S-ka, Warszawa 1996.
- Tim Beardsley, *Maszynaria myślenia*. „Świat Nauki”, październik 1997, s. 62–67.
- James M. Bower i Lawrence M. Parsons, *Mały wielki mózdzek*. „Świat Nauki”, wrzesień 2003, s. 59–65.
- A. Graham Cairns-Smith, *Ewolucja umysłu. O naturze i pochodzeniu świadomości*. Amber, Warszawa 1998.
- William H. Calvin, *Jak myśli mózg*. CIS, Warszawa 1997.
- William H. Calvin, *Jak powstawała inteligencja*. „Świat Nauki”, grudzień 1994, s. 81–88.
- David J. Chalmers, *Zagadka istnienia świadomości*. „Świat Nauki”, luty 1996, s. 58–65.
- Francis Crick, *Zdumiewająca hipoteza, czyli nauka w poszukiwaniu duszy*. Prószyński i S-ka, Warszawa 1997.
- Francis Crick i Christof Koch, *Problem świadomości*. „Świat Nauki”, wydanie specjalne 2003, s. 10–17.
- Antonio R. Damasio, *Jak mózg tworzy umysł*. „Świat Nauki”, wydanie specjalne 2003, s. 4–9.
- Antonio R. Damasio, *Pamięć czasu*. „Świat Nauki”, listopad 2002, s. 48–55.
- Antonio R. Damasio, *Tajemnica świadomości. Jak ciało i emocje współtworzą świadomość*. Rebis, Poznań 2000.
- Daniel C. Dennett, *Natura umysłów*. CIS, Warszawa 1997.
- Hoimar von Ditfurth, *Duch nie spadł z nieba*. PIW, Warszawa 1989.
- Michael S. Gazzaniga, *Podzielony mózg – druga odłoga*. „Świat Nauki”, wrzesień 1998, s. 67–71.
- Susan Greenfield, *Mózg*. CIS, Warszawa 1999.
- Sten Grillner, *Jak sieci neuronalne sterują lokomocją kręgowców*. „Świat Nauki”, marzec 1996, s. 40–46.
- Jay Ingram, *Płonący dom. Odkrywając tajemnice mózgu*. Prószyński i S-ka, Warszawa 1996.
- Bernard Korzeniewski, *Absolut – odniesienie urojone*. Oficyna Literacka, Kraków 1994 (dostępna na stronie internetowej [www.racjonalista.pl](http://www.racjonalista.pl))
- Bernard Korzeniewski, *Trzy ewolucje*. Korona, Kraków 1997.
- Joseph E. LeDoux, *Emocje, pamięć i mózg*. „Świat Nauki”, wydanie specjalne 2003, s. 69–77.
- Elizabeth F. Loftus, *Fabrykowanie wspomnień*. „Świat Nauki”, wydanie specjalne 2003, s. 78–83.
- Nikos K. Logothetis, *Widzenie: okno na świadomość*. „Świat Nauki”, wydanie specjalne 2003, s. 18–25.
- Eric J. Nestler i Robert C. Malenka, *Zniewolony mózg*. „Świat Nauki”, kwiecień 2004, s. 54–61.
- Roger Penrose, *Nowy umysł cesarza. O komputerach, umyśle i prawach fizyki*. PWN, Warszawa 1996.
- Marcus E. Reichle, *Obrazowanie procesów myślowych*. „Świat Nauki”, czerwiec 1994, s. 26–33.
- Jerome M. Siegel, *Po co nam sen?* „Świat Nauki”, grudzień 2003, s. 42–47.
- David V. Smith i Robert F. Margolskee, *Poznać zmysł smaku*. „Świat Nauki”, maj 2001, s. 46–53.
- Philip Ross, *Powiem Ci, co myślisz*. „Świat Nauki”, październik 2003, s. 56–59.
- Norman M. Weinberger, *Co nam w mózgu gra*. „Świat Nauki”, grudzień 2004, s. 51–57.
- Jonathan Winson, *Znaczenie snów*. „Świat Nauki”, wydanie specjalne 2003, s. 60–67.

Powyższe pozycje dotyczą głównie neurofizjologii. Jeśli chodzi o filozofię umysłu i świadomości, to z ogromnej liczby prac (dotyczących w zasadzie całego zakresu ontologii i epistemologii) chciałbym polecić dwa bardzo dobre wybory tekstów, dokonane i opatrzone wstępem przez Bohdana Chwedeńczuka; są to: *Filozofia umysłu* oraz *Filozofia percepcji* (obie pozycje wydała oficyna SPACJA, Warszawa 1995).