

Czy umysł ludzki działa obliczeniowo?

§1. Debata komputacjonizm kontra dynamicyzm Co w niej ma do powiedzenia demon Laplace'a?

§1.1. Po wytrwałej lekturze tomu pojawia się potrzeba ujęcia głównego w nim problemu w jakimś syntetycznym obrazowym skrócie, ułatwiającym wchodzenie w szczegóły.¹ Będzie nim zapowiedziana tytułem postać demona Laplace'a. Na początek zaś wypada zwrócić uwagę na okoliczność, na którą naprowadza na stronie tytułowej nazwa renomowanego wydawnictwa: the MIT Press. Widać, że mamy pozycję adresowaną do szerokiego światowego kręgu odbiorców, a w tym do czytelników firmy MIT. Jest to krąg zorientowany w żywo roztrząsanych dziś problemach, a dzieje się to z reguły w publikacjach, do których polski badacz, nawet w epoce elektronicznej, ma dostęp trudniejszy niż jego amerykański kolega.

To zapewne tłumaczy, dlaczego jeden z kluczowych terminów omawianego tomu – *dynamicism* – nie pojawił się dotąd w polskiej terminologii kognitywistycznej, podczas gdy w literaturze anglojęzycznej znajduje się w polu uwagi od ponad dekady. A skoro polskiemu czytelnikowi nie jest on znany, łatwo mu o zdziwienie, czemu Autor poświęca sprawie tyle uwagi, zwłaszcza, że pewne tezy tego nurtu brzmią mało dorzecznie. Nie jest jednak w filozofii rzadkością, że entuzjaści jakiejś idei doprowadzają ją do niedorzeczności przez to, że żądają dla niej tak wielkiego zakresu zastosowań, na jaki jej nie stać.

Idzie z tym w parze *redukcjonizm*, to jest, postulat sprowadzenia wszystkich twierdzeń teorii do jakiegoś zbioru sądów uznanych za maksymalnie zrozumiałe i maksymalnie wiarogodne: np. redukcji psychologii do fizyki, procesów twórczych do algorytmicznych etc. Może to prowadzić do tego rodzaju pożytku, jakim jest krytyczna reakcja na uroszczenia redukcjonizmu, a to sprowadza jego postulaty do właściwych rozmiarów; tak urealnione mogą one dobrze służyć nauce. Taka jest np. historia behawioryzmu, który w pasji negocjowania stanu zastanego ignorował oczywiste prawdy, akurat te które dziś właśnie są punktem wyjścia dla kognitywistyki: jak ta, że istnieją stany wewnętrzne będące procesami przetwarzania informacji w celach poznawczych. Nadal jednak metody wypracowane przez behawiorystów zdają egzamin, powiedzmy, w badaniu psychiki karalucha (do którego introspekcji trudno się odwoływać). A np. radykalizm neopozytywistów był absurdalny w żądaniu, żeby całą naukę zredukować do

fizyki, ale okazał się płodny w przypadku części biologii, owocując biologią molekularną.

Do potyczek z redukcjonizmem, jakim jest w opowiedzianej tu historii dynamicyzm, należy rozprawa dra Miłkowskiego. Kwestionując skrajne tego nurtu postulaty, Autor sprowadza je do rozsądnych wymiarów; wtedy należy im się nie tylko tolerancja, lecz także uznanie za przeciwwagę do pewnych daleko idących, bo także prących ku wyłączności, zapędów komputacjonizmu. Takiemu wyważeniu racji służy, w szczególności, końcowy rozdział Rozprawy. O tym zaś jak ofensywna jest strategia dynamicystów, i stąd wymagająca odporu świadczy retoryka Autora w rozdziale pierwszym, gdy z ironią udającą defensywność, oświadcza on w tytule końcowego odcinka: „Too Early for a Funeral”.

§1.2. Zajmowane przez Autora stanowisko *komputacjonizmu* oddaje takie m.in. sformułowanie.

It is almost a definitional feature of cognitive systems that their behavior is driven by information, and, apparently, no one has the slightest idea how to do without computational explanation where an account of information processing is concerned. [rozd.1, s.1]

Ta oczywistość jest od pewnego czasu negowana przez dynamicyzm, który głosi, że procesy poznawcze da się adekwatnie wyjaśnić i przewidywać bez posługiwania się pojęciem przetwarzania informacji. W zamian proponuje on traktowanie procesów poznawczych na takiej samej zasadzie, jak zachowania *układów dynamicznych*, to jest, zmieniających się w czasie układów, których zmiany tłumaczą się w pełni prawami przyrody, w szczególności fizyki.

Jest to pogląd na tyle niezrozumiały, że trzeba go przybliżyć jakimś przykładem wyjaśniającym jego genezę. Niech będzie nim pierwotniak – euglena zielona. Cały jej potencjał poznawczy polega na tym, że reaguje na odległe światło reakcją chemiczną w czerwonej plamce, co powoduje ruch wici posuwający ją w kierunku „dostrzeżonego” światła, gdzie dzięki fotosyntezie pobierze dawkę energii.

Gdy dynamicysta wyjaśni ten proces przez wskazanie na reakcje chemiczne i fizyczne w organizmie eugleny, bez jakiegokolwiek mówienia o przetwarzaniu informacji, można się z nim zgodzić. Można także wtedy, gdy chodzi o pewne układy nieco bardziej złożone. A to go ośmiela do daleko posuniętej ekstrapolacji, aż po zamiar wyjaśnienia – przez redukcję do zjawisk chemicznych i fizycznych – czegoś

¹ Niniejszy artykuł jest zmodyfikowaną wersją recenzji rozprawy habilitacyjnej Marcina Miłkowskiego: „Explaining the Computational Mind”, opublikowanej w formie książkowej przez MIT Press, 2013. Kolokwium habilitacyjne odbyło się (ze znakomitym dla Autorów wynikiem) w Instytucie Filozofii i Socjologii PAN, 27.XI.2013. Poprzedzający tę recenzję dialog autora z recenzentem (19 komentarzy) toczył się w blogu „Polemiki i Rozmówki w Cafe Aleph”, blog.marciszewski.eu/?p=6748.

tak złożonego, jak proces twórczy w umyśle Einsteina czy Gödla. Przyzna on, że nie da się tego uczynić w obecnym stanie wiedzy, ale to nie odbierze mu przekonania, że da się w jakiejś przyszłości.

§1.3. Żeby dokładniej wyjaśnić, jakie są konsekwencje dynamicyzmu dla kognitywistyki i filozofii umysłu, zamiast się uciekać do futurologii, dogodnie będzie posłużyć się figurą dobrze znaną w filozofii nauki, mianowicie *demonem Laplace'a*. Jest to idealizacja najdoskonalszego stanu nauk przyrodniczych czyniona przy założeniu determinizmu. Demon ten poznaje w każdym szczególe przeszłość i przyszłość dowolnego układu dynamicznego dzięki pełnej znajomości jego stanu aktualnego, pełni wiedzy o prawach fizyki, oraz nieograniczonej zdolności wykonywania obliczeń. Potrafi więc ów demon obliczyć dla dowolnej chwili stan określonej maszyny parowej, układu planetarnego, statku kosmicznego, konfiguracji pogodowej, organizmu eugleny itd.

Nie jest to jednak możliwe, w przypadku urządzeń do przetwarzania informacji. Wyobraźmy sobie maszynę szyfrującą. Niech S1, stan wyjściowy mechanizmu (konfiguracja kół, przekładni etc.) szyfruje jakąś cyfrę, powiedzmy „9”, a tej klucz kodowy stosowany w danym momencie przypisuje literę „p”. W intencji szyfranta jest to początek komunikatu o pogodzie, a następną literą ma być „o” szyfrowana cyfrą „7”, co reprezentuje następny stan mechanizmu – S2. Czy Demon Laplace'a, rozpoznawszy w maszynie stan S1 (dostępny jego poznaniu jako stan fizyczny) potrafiłby na podstawie rządzących tą maszyną praw mechaniki obliczyć, że po nim nastąpi stan S2? Jest to dlań, oczywiście niemożliwe, ponieważ nie zna on klucza kodowego oraz programu, który według tego klucza steruje procesem kodowania w warstwie fizycznej.

Rozważmy komputer cyfrowy, przyjmując dla większej naoczności, że jest to maszyna pierwszej generacji, działająca na lampach próżniowych; łatwo sobie wtedy przedstawić wzrokowo stany fizyczne, o które będziemy pytać demona, mianowicie świecące lub wygaszone lampy, dające fizyczny zapis kodu binarnego. W tym kodzie każemy maszynie obliczyć, ile jest 2 plus 5. Przyjmijmy, że odpowiednie konfiguracje lamp pojawiają się kolejno, podobnie jak ciągi cyfr przy rachowaniu na ręcznym kalkulatorze. Tak więc stan S1 odpowiadający liczbie 2 polega na tym, że z dwu lamp świeci pierwsza, a nie świeci druga („10” to binarny zapis liczby 2). Stan S2 to jakaś konfiguracja odpowiadająca symbolowi „+” (ustalona przez konstruktora dla języka wewnętrznego danego typu maszyny). Stan S3 wyraża liczbę 5, co stanowi konfigurację 101 (świecą dwie lampy skrajne). Zadanie domowe dla demona brzmi: na podstawie stanów fizycznych S1, S2 i S3 obliczyć, jaki będzie zdeterminowany pojawieniem się tych trzech stanów S4? Szkolny kurs informatyki pozwoli przewidzieć dziecku, że w wyniku pojawienia się kolejno stanów fizycznych S1-S3 zaświecą się trzy po kolei lampy (111 – w zapisie dziesiętnym

– 7). Dysponuje ono bowiem kluczem, który przyporządkowuje konfiguracje lamp liczbom wyrażanym w kodzie binarnym. Natomiast demon, choć nie mając dlań tajemnic prawa elektryczności, nie dojdzie do tego wniosku, ponieważ nie zna klucza kodowego.

Ten eksperyment myślowy pozwoli nam dokładniej sformułować pytanie pod adresem dynamicyzmu, żeby lepiej zrozumieć jego strategię badawczą. W Rozprawie Miłkowskiego mamy następujące tej strategii streszczenie.

[1] Advocates of the dynamical approach point out that "rather than computation, cognitive processes may be state-space evolution" within dynamical systems (van Gelder, p. 346). [...] Cognitive phenomena are essentially no different from weather patterns or planetary motions, the dynamicists say, and should be explained in terms of state vectors and differential equations rather than, say, Turing machines. [2] In particular, theories in cognitive science need not posit any language-like medium of internal representations over which computations, or rule-governed manipulations, are performed (cf. the characterization of "computation" in T. van Gelder, p. 345).² [Podział na dwa numerowane fragmenty – od WM.]

Przykład z maszyną szyfrującą zaprzecza opinii dynamicystów zawartej w [2], ponieważ bez znajomości klucza kodowego, stanowiącego „language-like medium of internal representation”, demon nie zdoła przewidzieć – na podstawie stanu fizycznego maszyny – jej stanów następnych. Podobnie, wiedza przyrodnicza demona o jakiejś wyjściowej konfiguracji lamp w komputerze nie posłuży do przewidzenia mających nastąpić po niej konfiguracji, gdyż ich przyczyną sprawczą nie jest jakaś siła przyrody lecz zakodowany w maszynie program.

Dynamicyzm w punkcie [1] powyższego cytatu przeciwstawia mózg, jako podmiot procesów poznawczych, Uniwersalnej Maszynie Turinga (UMT), upatrując w mózgu lecz nie w UMT układ dynamiczny. Jest w tym oczywista ekwiwokacja, bo trzeba odróżniać UMT jako abstrakcyjny obiekt matematyczny, który nie jest układem dynamicznym, jak nie jest nim jakakolwiek liczba, od UMT jako obiektu fizycznego, jakim jest komputer cyfrowy.

Komputer jest, oczywiście, układem dynamicznym, co jednak nie zmienia faktu, że tak sama jak abstrakcyjny jego model, to jest UMT, rozwiązuje problemy obliczeniowe (przetwarza informacje) pod kierunkiem algorytmów. To algorytmom, wyrażonym w postaci programów, przysługuje sprawczość w doprowadzaniu do rozwiązań. Tego typu sprawczości jest pozbawiona maszyna parowa, układ planetarny etc., wspólna jest ona natomiast mózgowi i UMT – mimo dzielących je skądinąd głębokich różnic.

Dlatego demon Laplace'a tak mało miałby do powiedzenia, gdyby go np. zapytać na początku lat 90-tych ubiegłego wieku, czy Andrew Wiles znajdzie dowód Wielkiego Twierdzenia Fermata. A powinien to móc, według dynamicyzmu, podobnie jak astro-

² Zob. tego autora "What might cognition be, if not computation?" *Journal of Philosophy* 91:345-381, 1995.

nom potrafi przewidzieć mające nastąpić za kilka lat zaćmienie słońca. Albowiem na podstawie rozpoznania stanu mózgu Wileisa, powiedzmy, w styczniu 1990, i na podstawie praw przyrody odpowiedzialnych za powstawanie kolejnych zależnych od tego wyjściowego stanów, demon powinien by przewidzieć stan mózgu odkrywcy w czerwcu 1993, gdy będzie on przedstawiał swój dowód na słynnej konferencji prasowej. Z tego by też wynikało, że demon od zawsze zna rozwiązania wszystkich problemów, jakie rozwiążą w trakcie trwania wszechświata mózgi wszelkich istot, a wie to na podstawie pełnej znajomości praw przyrody oraz pełnej znajomości stanu wszechświata w jego chwili zero.

§2. Komputacjonizm pluralistyczny kontra klasyczny Pluralistyczne uwzględnianie układów dynamicznych

§2.1. Czasownik „obliczać” jako przechodni, tak jak angielski „compute”, ma stronę czynną i bierną. Strona bierna ma wariant modalny w postaci słowa „obliczalny”, co oznacza podatność na bycie obliczanym, a w przypadku strony czynnej zdolność do obliczania (a więc też pewna modalność) określamy zwrotem „moc obliczeniowa”. Powiemy więc że dla demona świat jest obliczalny, on zaś sam ma moc obliczeniową. Uogólnienie tych dwóch przypadków daje przydawka „obliczeniowy”, nie przesadzając, którą z wymienionych modalności ma się na uwadze. To odpowiednik angielskiego *computational*. Tak dochodzimy do głównego pojęcia Rozprawy zawartego w jej tytule oraz w uczynionej zaraz na wstępie deklaracji tematu.

[TM] This book is about explaining cognitive processes by appeal to computation. The mind can be explained computationally because it *is* computational; this is true whether it is engaging in mental arithmetic, parsing natural language, or processing auditory signals to attend to in order to experience music [podkreślenie "is" kursywą – od MM; oznaczenie TM jest skrótem od „Teza Miłkowskiego”].

Alternatywa realizuje się także wtedy, gdy są spełnione oba człony. Tak jest w przypadku Uniwersalnej Maszyny Turinga (UMT), która jest obliczalna, a więc w pełni przewidywalna w swych czynnościach, a zarazem mająca moc obliczania czyli bycia obliczającą. Maszyn parowa natomiast jest obliczalna, np. radzi sobie z obliczaniem jej stanów demon Laplace’a, ale nie ma mocy obliczeniowej.

W świetle TM umysł jest obdarzony mocą obliczeniową, co się przejawia w wykonywaniu przezeń operacji arytmetycznych etc. Z całego zaś kontekstu książki wnosimy, że umysł jest obliczalny, dzieli więc z UMT połączenie obu tych atrybutów. Chodzi tu jednak o obliczalność inaczej pojętą niż w przypadku obliczeń dokonywanych przez demona Laplace’a.

Stany i procesy umysłu, podobnie jak stany i procesy UMT, przewidujemy drogą obliczeniową w sposób następujący. Wyjść trzeba od tego, że nie są to procesy *przetwarzania materii*, czym zajmują się ob-

robiarki, ani procesy *przetwarzania energii* (czym zajmują się silniki), ale procesy *przetwarzania informacji*, do których zdolne są komputery, organizmy, umysły. Demon Laplace’a (przypomnijmy) włada poznawczo pierwszymi dwiema z tych dziedzin, a nie ma mocy nad trzecią.

W trzeciej z nich, żeby obliczać przebieg procesów, trzeba znać reguły przetwarzania informacji, które gwarantują, że ciąg przekształceń kończy się poprawnym rozwiązaniem zadanego problemu. Zbiór reguł dopasowanych do określonego rodzaju problemów to *algorytm*, a gdy jest on skonstruowany tak, żeby dał się interpretować w języku wewnętrznym maszyny, staje się jej *programem*. Proces nim kierowany jest obliczalny, gdyż przy znajomości reguł jest się w stanie przewidywać kolejne sterowane przezeń stany, aż po końcowy.

W innym więc sensie jest obliczalne funkcjonowanie maszyny parowej, które potrafi przeprowadzić demon Laplace’a, a w innym sensie funkcjonowanie komputera, a także mózgu. Jeden i drugi ma podwójną naturę, będąc w warstwie hardware’u układem dynamicznym, a w warstwie software’u czymś z kategorii UMT. Jeśli ten drugi aspekt mózgu utożsamiać z umysłem, to powiemy, że umysł jest obliczalny. W tym znaczeniu Autor utożsamia obliczanie z przetwarzaniem informacji, gdy powiada: *I propose that the notions of computation and information processing be used interchangeably. This will allow us to translate all talk of information processing into clear computational terms.* [s.24].

Tę propozycję wzmacnia Autor komentarzem, że jest to utożsamienie w kognitywistyce przyjęte przez większość autorów (s. VII). Pozostaje więc przyjąć to do wiadomości jako definicję regulacyjną na potrzeby aktualnie uprawianej teorii. Krytyczny jednak czytelnik może się niepokoić takim zawężeniem w stosunku do potocznego sensu terminu „przetwarzanie informacji”. Zajmijmy się tym przez moment na prawach dygresji.

Utożsamiając obliczanie z przetwarzania informacji, trzeba się odnieść do kontrprzykładów, jakie spotykamy w kontekstach języka potocznego. Dopuszcza on np. to, żeby za przypadek przetwarzania informacji uznać sytuację, w której ktoś wygłasza monolog na zasadzie wolnej gry skojarzeń; wyobraźmy sobie np., że jest to sesja psychoanalityczna. Proces ten ma wejście, jakieś poddane na początek hasło, oraz wyjście, gdy pacjent z jakiegoś powodu kończy swój potok skojarzeń. Każdy krok w tym procesie polega na przetworzeniu pewnego przedstawienia w inne. Choć jest to proces przetwarzania informacji, nie jest on obliczaniem, ani w intencjach ani w jego wyniku.

§2.2. Utożsamienie procesów poznawczych z przetwarzaniem informacji, a przetwarzania informacji z obliczaniem odróżnia komputacjonizm od dynamiczmu, ale nie stanowi pełnej definicji obliczania. Tym, co niekwestionowalne jest definicja cząstkowa, która wskazuje na podstawowy warunek wystarczający. Mianowicie, aby proces był obliczeniowy, wystarcza, że sta-

nowi on ciąg czynności wykonywanych przez UMT. To jest aksjomat w każdej odmianie komputacjonizmu.

Tym, co charakteryzuje stanowisko zajęte w omawianej Rozprawie jest rozszerzenie w paru kierunkach zakresu pojęcia „proces przetwarzania informacji”. Autor idzie w tym rozszerzaniu tak daleko, że niekiedy się zbliża nawet do krawędzi dynamicyzmu; np. twierdząc, że nie musi to być przetwarzanie cyfrowe, ilustruje to przykładem termometru rtęciowego jako urządzenia analogowego (s. 24). Warto by jednak w takich przypadkach dokładniej przeanalizować, co na co ulega tu przetworzeniu, i czy istotnie pozostajemy wciąż w sferze informacji. Termometr informuje o temperaturze, a więc na wyjściu podaje informację, która jest pokrywanie się górnej krawędzi słupka z jedną z oznaczonych cyframi kresek podziałki. Wysokość słupka rtęci zależy od rozrzedzenia lub zagęszczenia jej cząstek, a ten stan fizyczny znajduje odwzorowanie w wysokości słupka. Skoro są to przekształcenia jedynie wielkości fizycznych, a nie zapisów jakiejś wiadomości, nie wydaje się, żeby ów proces proces podpadał pod pojęcie przetwarzania informacji.

Ale nawet, jeśli w powyższym przypadku nie do końca został przemyślany kierunek rozszerzania, nie podważa to słuszności tego liberalizującego trendu, jaki przenika Rozprawę. Zaczniemy od przewzięzanego przezeń wąskiego pojęcie obliczania, które można związać z pewnymi wypowiedziami Turinga i z filozofią pionierów sztucznej inteligencji; jest to, jak się go nazywa w Rozprawie – *komputacjonizm klasyczny*.

Stanowisko klasyczne wyraził obrazowo sam Turing, gdy w pewnej radiowej pogadance powiedział, że dla efektywności obliczeń jest obojętne, czy sprzętem w którym implementuje się program będzie pęczek drutu (aluzja do komputera cyfrowego) czy miska z gęstą substancją podobną do owsianki (aluzja do mózgu).

Ten klasyczny rodzaj komputacjonizmu można też określić jako monistyczny czyli ekskluzywny, gdyż akceptuje tylko jeden model teoretyczny obliczeń, inne wyłączając. Pogląd reprezentowany w Rozprawie jest pluralistyczny czyli inkluzywny, traktując komputacjonizm jako szeroki nurt z kilkoma dopływami, które są względem siebie komplementarne. Rozprawa oddaje tę myśl, określając ów typ komputacjonizmu jako „pluralistic” lub „transparent” (to drugie można oddać słowem „otwarty”). Pluralizm i komplementarność to główna idea książki wyrażana w różnych kontekstach, które po zastawieniu tworzą następujący zbiór modeli obliczania (zob. strony 49 i 197).

- Uniwersalna Maszyna Turinga (UMT)
- komputer cyfrowy z architekturą von Neumanna
- komputer analogowy
- sieć konekcyjnistyczna (neuronowa)
- perceptron (rodzaj sieci neuronowej)
- komputer kwantowy

— układ biorobotyczny

— *układ realizujący hiperkomputację*

Nie jest to klasyfikacja we właściwym tego słowa znaczeniu, ponieważ niektóre modele, np. analogowy i neuronowy, mogą być realizowane przez takie same układy. Ostatnią pozycję wyróżniam kursywą, żeby zwrócić uwagę na jej wagę, o czym będzie mowa w §3.

Wątek równoczesnej akceptacji tych różnorodnych modeli jest tak istotny dla samookreślenia się komputacjonizmu pluralistycznego, że dokumentuję go niżej obszernym cytatem. Szczególnie ważne w tym przytoczeniu miejsce, wyróżniam kursywą.

[1] My account [...] can accommodate any kind of computation, provided the computation is specified in terms of relations between input and output information states. It seems that digital von Neumann machines, membrane analog computers, quantum computers, and perceptrons all come out as computational in this view. Although there is a paradigm case of computation – the classical Turing-Church digital computation – *we leave open the possibility that there are physical processes capable of computing nonrecursive, hyper-Turing functions.* [rozd.2, odc.4, s.49]

2.3. Pluralistyczna tolerancja Autora zwraca się także ku dynamicyzmowi. Choć z jego rozszczeniem do monopolu, Autor zdecydowanie polemizuje, dostrzega w nim jednak pewne racjonalne jądro, którym są badania dotyczące wpływu czynników biologicznych na procesy obliczeniowe. Istotnie, mózg jest nie tylko nośnikiem algorytmów (oprogramowania) lecz także układem dynamicznym, który podlega prawom przyrody. I wbrew temu, co twierdzi komputacjonizm klasyczny, ma to znaczny wpływ na przebieg i efektywność procesów obliczeniowych.

Strategia badawcza motywowana ideą dynamicyzmu ma niemałe sukcesy, gdy idzie o badanie procesów poznawczych na niższych szczeblach świata zwierzęcego, jak insekty etc. Błędem dynamicyzmu jest ekstrapolowanie tej strategii na wyższe szczeble ewolucji, co stanowi typową pułapkę myślenia (w sensie Daniela Kahnemana z jego książki „Thinking, Fast and Slow”). W tym przypadku, pułapka polega na ignorowaniu faktu, że gdy wzrasta pewna wielkość (tutaj – złożoność układu poznającego), to prawa wzrostu zmieniają się w miarę przekraczania kolejnych progów tego procesu. Na wyższym poziomie trzeba je nadal mieć na uwadze, lecz z modyfikacją uwzględniającą nowy kontekst.

W rozdziale końcowym, podsumowując swe pluralistyczne podejście, Autor podkreśla, że sukces w wyjaśnianiu obliczeniowego charakteru umysłu (w myśl tytułu książki) wymaga uwzględnienia struktur fizycznych, jak struktura mózgu, oraz interakcji podmiotu poznającego z otoczeniem, i to interakcji zachodzących w czasie realnym, a nie tym odmierzanym liczbą wierszy programu (por. rozdz.5, odc.4 pt. „A Plea for Pluralism”, s. 200).

Słowem, trzeba strategii badawczej kierującej się świadomością, że podmiot poznający stanowi jestestwo, w którym pełnokrwisty układ dynamiczny, egzy-

stujący w czasie fizycznym, wchodzi w symbiozę z tak bezcielesnymi bytami, jak przetwarzane porcje informacji oraz służące do ich przetwarzania programy, te drugie należące do abstrakcyjnego świata algorytmów i liczb.

Idąc dalej w tym kierunku, Autor wzywa, żeby pojęcia obliczania nie ograniczać antropocentrycznie do czynności wykonywanych ze świadomym ludzkim zamysłem, lecz dostrzegać procesy obliczeniowe także na tych szczeblach życia organicznego, na których procesy poznawcze są w stanie początkowym („minimally cognitive phenomena”).

An important answer is related to the program of modeling minimally cognitive phenomena. The anthropocentric perspective of cognitive psychology is rejected there in favor of a more biological approach. In searching for minimally cognitive phenomena, various authors argue that even bacteria [...] and plants are not merely reactive and that their behavior goes beyond hardwired reflexes.” [rozd.1, odc.1, s.3]

Próbując ocenić ten apel z pozycji recenzenta, doświadcza się pewnej ambiwalencji. Dla jednych bowiem autorów, do których należy niżej podpisany, trafność owego szerokiego pojęcia obliczania jest tak oczywista, że jej wspomnianie prowadzi na krawędź banału.³ Z drugiej jednak strony, indoktrynacja w to, przed czym Autor przestrzega jako przed perspektywą antropocentryczną bywa w pewnych kręgach tak przemożna, że idąc jej pod prąd można się narazić na opinię ignoranta. Toteż należy się Autorowi Rozprawy uznanie za wyrazistą i przekonującą artykulację tego potrzebnego ostrzeżenia.

§2.4. Istotną zaletą Rozprawy jest to, że nie tylko apeluje o uwzględnianie dynamicznego, liczącego się z realnym czasem i prawami przyrody, aspektu procesów poznawczych, lecz daje konkretne takich badań przykłady. Poświęcony jest temu pierwszy rozdział, ilustrujący czterema przypadkami badań (case studies) różne modele poznania, a w tym modele nawiązujący do właściwości układów dynamicznych.

Tworzą te cztery przypadki pluralistyczną panoramę, w której każdy element reprezentuje klasę badań opartych na innej strategii, uwzględniającej inny aspekt obliczalności. Zaletą dokonanego doboru przykładów jest m.in. to, że z grubsza dadzą się one poklasyfikować wedle różnych występujących w poznaniu warstw, te zaś proponują przyporządkować czterem badającym poznanie dyscyplinom; są to: logika, psychologia, biologia, fizyka.

Żeby wyjaśnić, na czym polega obliczalności pojmowana *logicznie*, rozważmy następujący przykład. Patrząc komuś przez ramię, gdy wypełnia PIT, potrafisz dzięki podobnej znajomości reguł wnioskowania arytmetycznego, wyprowadzonych z reguł logiki, przewidzieć stan końcowy jego umysłu, to jest, rozwiązanie problemu, ile wynosi należny podatek. Do przewidzenia wyniku wystarczy znajomość reguł wnioskowania

po stronie obserwatora i przypisanie tej samej kompetencji osobie obserwowanej.

Badania nad obliczalnością łączące podejście logiczne z *psychologicznym* reprezentuje w Rozprawie odcinek rozdziału 1 referujący klasyczną w kognitywistyce strategię jej pionierów Allena Newella i Herberta A. Simona. Polega ona na opisie układu rozwiązującego określone problemy w procesie przetwarzania informacji, który to proces zostaje ujęty jako program komputerowy. Bycie programem to gwarancja obliczalności; oczywista jest w nim obecność czynnika logicznego, skoro program dla maszyny cyfrowej, a więc rodzaj algorytmu, jest to zorientowana technologicznie odmiana dowodu formalnego czyli prowadzonego pod dyktando reguł logiki. W tym ujęciu zminimalizowana zostaje rola czynnika fizycznego, jaki stanowią uwarunkowania neurologiczne.

Autor Rozprawy słusznie uważa tę okoliczność za ograniczenie obniżające zdolność eksplanacyjną i predykcyjną owej klasycznej metody. Stąd w Rozprawie mamy powtarzające się postulaty poszerzenia horyzontu badawczego o dostrzeżenia roli niższych warstw procesu obliczeniowego – biologicznej i fizycznej. W tym kierunku idzie w Rozprawie relacjonowania badań zawarte w odcinkach 4 i 5 rozdziału 1.

Obliczalność psychologiczna polega na wyjaśnianiu i przewidywaniu zachowań lub stanów wewnętrznych jakiejś osoby na podstawie rozpoznanych empirycznie praw psychologicznych oraz wnioskowaniu z tych praw, gdy trzeba diagnozować konkretne sytuacje. Pociągającym w tej materii przypadkiem są prawa nabywania języka przez dzieci oraz osoby uczące się języka obcego. W Rozprawie znajdujemy elegancki przykład takich badań w rozdziale 1, odcinek 3, pt. „A Network for Past-Tense Acquisition”. Występują w tym procesie u dziecka reguły rozumowania podobne do reguł logiki indukcji, a jednocześnie prawidłowości rządzące transformacjami gramatycznymi, które za Chomsky’em przyjęło się ujmować w teorii automatów.

Ważną rolę w eksplikacji pojęcia obliczalności pełni w rozdziale 1 odcinek 4 pt. „The Neural Engineering Framework”, dający wgląd w obliczalność od strony *biologicznej*. Inaczej niż w przypadku dyskursu na temat stanów i procesów psychicznych, mamy tu do czynienia z wielkościami dającymi się mierzyć jako stany neuronów. Zachowania neuronów są określone przez funkcje, w których te mierzalne wielkości występują jako wartości i argumenty. Na takiej ściśle obliczeniowej drodze udało się w pewnym eksperymencie wyjaśnić i przewidywać, jak szczury optymalizują swe trasy w labiryncie. Poznając fizyczne stany neuronów, wnosi się stąd o zakodowanym w tych stanach mentalnym procesie optymalizacji; tak rozpoznana empirycznie korelacja stanowi jakby klucz kodowy do odczytywania informacji zaszyfrowanej w stanach neuronowych.

Osobną perspektywę daje robotyka reprezentowana w Rozprawie opowieścią o sztucznym świersz-

³ Znakomitym rzecznikiem takiej szerokiej przyrodniczej koncepcji obliczeń jest Stanisław Lem jako autor eseju „Moc obliczeniowa życia” w „Tajemnica chińskiego pokoju”, wyd. Universitas, Kraków 1996.

czu w rozdziale 1 odc. 5 „Embodied robotics”. W tym nurcie badań chodzi o to, żeby wyjaśniając obliczeniowo procesy poznawcze, uwzględnić nie tylko ich warstwę algorytmiczną lecz także fizyczną. Mianowicie, ważne w rozwiązywaniu problemów interakcje przyczynowe z otoczeniem, angażujące sensory i efekторы. Taki projekt poszerzania zakresu kognitywistyki poza ujęcia ściśle komputacjonistyczne, jest jedną z istotnych zasług omawianej Rozprawy.

Istnienie strategii biologicznej i fizycznej chroni podejście Autora przed nasuwającym się zarzutem, że nie dopełnił zawartej w TM obietnicy wykazania, iż umysł ma naturę obliczeniową. Gdy pozostaje się na poziomie logicznym, charakter obliczeniowy widać w tym, że umysł potrafi skutecznie liczyć i rozumować, ale trzeba by mu odmówić tego charakteru, ilekroć popełnia on błędy poznawcze; a popełnia je na każdym kroku.

Gdybyśmy mieli pełny wgląd w stany biologiczno-fizyczne mózgu i dysponowali kluczem kodowym, który z każdego takiego stanu pozwoli odczytać zakodowaną w nim informację, to dałoby się drogą obliczeniową przewidzieć każdy mający nastąpić błąd poznawczy. Przypuśćmy, że ktoś myli w rozumowaniu warunek wystarczający z koniecznym, co stanowi stan fizyczny S1 poddany aktualnie obserwacji; niech koduje on przekonanie, że ze zdania w formie „jeśli p, to q” wynika „jeśli nie-p, to nie-q”. Znając rządzące mózgiem prawa fizyki, obserwator wyliczyłby z odpowiednich równań, w jaki nowy stan fizyczny S2 przejdzie obecny stan S1. A wtedy, stosując klucz kodowy do stanu S2 odczyta zeń treść błędnego wniosku powstałego z pomylenia kierunków implikacji.

Nie ma tu znaczenia fakt, że w obecnym stanie neurobiologii jest niezmiernie daleko do takiego dekodowania informacji ze stanów fizycznych. Istotne jest to, że tą drogą dałoby się usprawiedliwić tezę Rozprawy, iż umysł jest obliczeniowy; dałoby się bowiem – przy odpowiednim zaawansowaniu technik obserwacji – obliczyć każdy stan poznawczy, nawet schizofreniczne urojenia, senne fantazje itd.

§3. Czy istnieje superobliczanie?

Jeśli tak, to w jakim sensie umysł jest obliczeniowy?

Na koniec podejmuję problem najtrudniejszy; przy objętości dopuszczalnej dla obecnego omówienia nie da się go przedstawić na wymaganym od naukowego dyskursu poziomie, ale też nie da się go w obecnej dyskusji pominąć. Pozostaje więc zasygnalizować go w jakiś sposób skrótowy. Zapowiedziałem ten temat w odcinku §2.2, podkreślając tam kursywą zwroty zawierające terminy (A) *hypercomputation* oraz (B) *nonrecursive, hyper-Turing functions*. Są one równoważne, czyli wyrażają to samo pojęcie. Oddając to pojęcie po polsku, posłużę się terminem *superobliczanie* (łacińskie „super” lepiej się łączy z polskim słowem jako przedrostek niż greckie „hyper”).

Problem bierze się stąd, że główna teza Rozprawy, oznaczona tu jako TM, przypisuje umysłowi charakter obliczeniowy. Pamiętając, że pod tym ter-

minem mieszczą się dwa atrybuty, obliczalność i moc obliczeniowa, należy wyjaśnić (po wcześniejszych rozważaniach nad obliczalnością), jaka powinna być moc obliczeniowa umysłu, żeby zasłużył na miano obliczeniowego.

Standardowa odpowiedź jest następująca: jeśli chodzi o umysł uprawiający matematykę (insekty itp. zostawiamy na boku), to powinna to być co najmniej moc UMT. Jeśli to „co najmniej” sprecyzuje się do warunku „dokładnie taka, jak moc UMT”, to nie ma problemu. Kto uwierzy, że umysł to dokładnie tyle, gdy idzie o moc obliczeniową, co UMT, ten ma prawo uważać, że dysponuje w pełni zrozumiałym wyjaśnieniem, co znaczy obliczeniowość umysłu.

Pojęcie obliczania zawarte w koncepcji UMT jest szczególnym przypadkiem pojęcia potocznego, które rozumiemy, jak następuje: proces myślowy jest obliczaniem tylko wtedy, gdy jego wynik jest jednoznacznie zdeterminowany przez informację wyjściową (dane, przesłanki) oraz reguły przetwarzania informacji (logiczne, arytmetyczne itp.).

Jak wobec tego rozumieć superobliczanie? Jest ono czy nie jest obliczaniem? Jeśli jest, to musi stanowić jakiś gatunek w obrębie szerszej klasy obliczeń (na co by wskazywało wyposażenie terminu „obliczanie” w różnicujący przedrostek), a wtedy trzeba by powiedzieć, na czym polega różnica gatunkowa (*differentia specifica*). Czy ktoś to uczynił?

Jeśli natomiast superobliczanie nie jest obliczaniem, byłoby to z powodu niespełnienia podanego wyżej warunku koniecznego. A zatem umysł dochodziłby do jakiegoś wyniku, nie mając do tego przesłanek lub nie mając reguł. Fakt braku reguł typu formalnego czyli algorytmicznego (jakich wymaga UMT) pozwoliłby zaliczyć do superobliczeń procesy twórcze, jak odkrycia naukowe, wynalazki, intuicyjne rozwiązania problemów decyzyjnych (Kahne-mana „fast thinking”) itp. Czy w takiej sytuacji wolno by nazwać umysł obliczeniowym? Nie byłby obliczeniowy w sensie obliczalności, bo odkrycie które byłoby przewidywalne na drodze obliczeniowej nie byłoby już odkryciem.

Na jakiej jednak podstawie miałyby wtedy sens ta forma słowna, w której po przedrostku „super” następuje słowo „obliczanie” oznaczające jakiś zbiór nadrzędny, w którym klasa superobliczeń byłaby podzbiorem? Jaki więc byłby powód, żeby nazywać umysł obliczeniowym?

Rysują się dwa możliwe wyjścia. Jedno polegałoby na tym, żeby definiować obliczanie tak szeroko, że pominęłoby się warunek obliczalności w sensie Turinga i wymagałoby się tylko tyle, że OBLICZANIE (zmieniam czcionkę dla oddania zmiany znaczeniowej) byłoby to znajdowanie wartości dowolnej funkcji, obliczalnej lub nieobliczalnej. Przedimek „super” oznaczałby wtedy, że jest to OBLICZANIE wymagające większej mocy niż obliczanie (tj. to w sensie Turinga). Wtedy teza TM głosiłaby, że umysł jest OBLICZENIOWY.

Innym rozwiązaniem, które pozwoliłoby przypisać umysłowi obliczeniowość, byłoby takie, że ma

on moc obliczeniową w sensie Turinga, ale niekoniecznie ma ją aktualnie; wystarczy, że ma ją potencjalnie. Byłoby to rozwiązanie po myśli Gödla. Aktualnie może być tak, że wpada się na pomysł, czyli dokonuje się odkrycia, nie mając do tego środków w postaci reguł algorytmicznych. Ale jeśli na tej drodze dojdzie się do odkrycia jakiejś prawdy, to jest zawsze

szansa na taką rozbudowę systemu formalnego, jak np. dołączenie do arytmetyki nowych aksjomatów, lub użycie reguł jakiejś mocniejszej logiki (np. wyższego rzędu). Wtedy wynik poznawczy, który początkowo był OBLICZALNY (w sensie intuicyjnego znalezienia wartości jakiejś funkcji) stałby się obliczalny (w sensie Turinga).