

11

Zagadka umysłu w centrum światopoglądu informatycznego

Rozdział autorstwa Witolda Marciszewskiego z książki: Witold Marciszewski i Paweł Stacewicz, „Umysł – Komputer – Świat. O zagadce umysłu z informatycznego punktu widzenia”, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2011.

Motto. *Science is exciting because it is full of unsolved mysteries. The greatest unsolved mysteries are the mysteries of our existence as conscious beings in a small corner of a vast universe.* – Freeman Dyson

Wprowadzenie. Druga część tej książki nosi tytuł „Światopogląd ery informatycznej”. Słowo „era” i równoznaczne z nim „epoka”, oznacza jakiś ważny rozdział historii. Jego użycie w obecnym kontekście wskazuje na zamiar prowadzenia rozważań w perspektywie historycznej. Są to w wielkiej mierze rozważania o światopoglądzie, który z ery informatycznej wyrasta, a zarazem stanowi czynnik jej umacniania i rozwoju. Nazwiemy go *światopoglądem informatycznym*. Zeby jak najwyraźniej dostrzec jego kontury, przyjrzymy się mu porównawczo, na tle światopoglądów epok poprzedzających. Pozwoli to uchwycić jego swoistość, jak i związki genetyczne z czasem poprzedzającym: nie byłoby epoki informatycznej bez przemysłowej, nie byłoby współczesnej nauki, będącej trzonem światopoglądu informatycznego, gdyby nie było nauki renesansowej i oświeceniowej.

Mianem epok obdarzamy przedziały historii twórcze i trwałe. Jest to czas, który wniósł coś szczególnie nowego i ważnego w postęp cywilizacji, a trwał dostatecznie długo, żeby być zauważalnym z historycznej perspektywy. Nowość obejmuje wiedzę, technikę, stosunki społeczne, gospodarcze i polityczne, system wartości, wreszcie pewien całościowy ogląd świata czyli światopogląd. Wedle tych kryteriów neolit był istotną nowością w stosunku do paleolitu, epoka przemysłowa względem rolniczej itd. Czy czas, w którym żyjemy spełnia owe warunki, zasługując tym na miano nowej epoki, mianowicie *ery informatycznej*? Jeśli tak, to czym się odznacza właściwy jej światopogląd?

Podpowiedź znajdziemy w zdaniu słynnego fizyka Freemana Dysona z Institute of Advanced Studies w Princeton, zdaniu wziętym za motto obec-

nego eseju. Dyson powiada, że wielką nierozwiązaną dotąd zagadką nauki jest tajemnica naszego istnienia jako istot świadomych, czyli istnienia nas jako umysłów. Nazwaliśmy ją w tej książce zagadką umysłu. Choć zagadkowość umysłu zawsze zaprzętała myśli filozofów, ujawniła się z nie spotykaną wcześniej mocą wraz z pojawieniem się komputerów. A więc maszyn zdolnych do rozwiązywania zdumiewająco wielu problemów, z którymi zмага się mózg i umysł ludzki. Tak narodziła się zagadka: czy z racji owego podobieństwa mózg okazuje się być maszyną, zaś umysł jej oprogramowaniem? I niczym więcej? Jeśli zgodzimy się z Dysonem, że umysł stanowi największą dla nauki tajemnicę, dostrzegając zarazem, że to zrozumienie dała nam epoka informatyczna, to zagadka umysłu pojawia się w centrum światopoglądu informatycznego.

Nacechowanie epoki określonym światopoglądem nie oznacza jakiegś uniformizacji. Chodzi o komponent wspólny wielu nurtom myślowym. Wspólny na tyle, na ile wyznacza go ten sam czas historyczny. Ten komponent ma popularne w języku niemieckim określenie *Zeitgeist*, co z grubsza oddajemy zwrotem „duch czasu”. Duch średniowiecza, na przykład, był feudalny oraz chrześcijański, a duch Oświecenia liberalny i scientyyczny. Duch taki przenika jakby wspólny fluid różnorodne poglądy danego czasu.

Nie wszyscy uczestnicy epoki jednakowo nadążają za jej rytmem. Jak w każdym biegu, mamy czołówkę oraz resztę w różnych odległościach. W epoce przemysłowej np. w awangardzie byli ludzie ówczesnej nauki i techniki, w peletonie ogół mieszkańców miast, a daleko za nimi mieszkańcy zapadłych wsi. Im dalej jest ktoś od czołówki, tym mniej wnosi do tworzenia cywilizacji i tym bardziej – w czasie, w którym żyć mu przyszło – czuje się zagubiony. Ten zaś nadąża, kto podziela i współtworzy światopogląd swojej epoki.

By móc się zapaść w rozważania nad światopoglądem informatycznym, trzeba mieć pewność, iż rzeczywiście nastąpiła epoka informatyczna. Inaczej mówiąc, iż nastąpiła nowa formacja społeczna – społeczeństwo informatyczne. Pojęcia te wzajemnie się implikują: jeśli żyjemy w erze informatycznej, to naszą globalną ojczyzną jest *społeczeństwo informatyczne*, a jeśli jesteśmy takiego społeczeństwa obywatelami, to uczestniczymy tym samym w epoce informatycznej.

Termin „epoka informatyczna” zaczyna się pojawiać w mowie codziennej na różnych poziomach rozumienia. Dla jednych oznacza on wszechobecność urządzeń elektronicznych do odbierania, nadawania i przechowywania informacji. I tyle. Inni sięgają głębiej, jakby w drugą warstwę sensu, wpisując ów stan techniki w obraz postępu cywilizacji przez trzy epoki: rolniczą, przemysłową, informatyczną. Jest to periodyzacja na zasadzie przełomów technologicznych. O tyle klarowna, że zdaje sprawę, jakie odkrycia czy wynalazki były czynnikiem sprawczym przełomu i kiedy miały one miejsce. Dobrym

przykładem na ten poziom rozumienia są próby diagnozy aktualnego stanu społeczeństwa pochodzące od Jacka Kuronia.¹

Trzecia i najgłębsza warstwa światopoglądu informatycznego dotyczy zagadki umysłu. Nadbudowuje się na tych odkryciach matematycznych z pierwszej połowy ubiegłego wieku, które doprowadziły do narodzin komputera, a wraz z tym do pytania, jak ma się komputer do mózgu i umysłu. Tej przede wszystkim poświęcimy uwagę w obecnej części książki.

§1. Rzut oka na epoki cywilizacji po czas Oświecenia

1.1. Pojęcie ery informatycznej trzeba poddać pewnej weryfikacji, nim je na dobre powiążemy ze sprawą światopoglądu informatycznego; żeby nie zarzucił nam jakiś sceptyk, że operujemy terminem pustym. Zdarzały się bowiem w dziejach myśli niefortunne proroctwa o nastaniu nowej ery, które nie zdały testu realności i przeszły do muzealnych zbiorów idei. Tak w wieku XIX słowianofile, w tym nasi poeci romantyczni, głosili nastanie wspaniałych dla ducha czasów słowiańskich (po romańskich i germańskich), a Marks – zbliżanie się ery powszechnej szczęśliwości w komunizmie.

Co warta jest opinia o nadejściu ery informatycznej? To, że komputery i niezliczone odmiany urządzeń pokrewnych przenikają nasze życie, to prawda. Że podobnie jak wynalazek maszyny parowej dogłębnie zmienił ludzkie życie, tak dziś zmienia je komputer, to też prawda. Ale czy to wystarcza, żeby mówić o nowej epoce?

Szukając odpowiedzi, zastosujmy wypróbowany sposób dzielenia historii na epoki, który wiele potrafi wyjaśniać. Moc wyjaśniającą ma np. odróżnianie nowożytności od średniowiecza, a w obrębie nowożytności wyróżnienie wieku Oświecenia jako osobnej jednostki historycznej. Istotnie, były to przełomy w obrazie świata i całości życia społecznego. Sprawdza się także odróżnianie epoki przemysłowej od rolniczej, a rolniczej od tej, która ją poprzedzała. W obu przypadkach mamy pojawienie się nowej wizji świata. Przejście od zbieractwa do uprawy roli przyniosło np. dogłębne poczucie związku z przyrodą i zależności od jej sił, a stąd rozległe, żywotne przez tysiąclecia, zespoły wierzeń magicznych i religijnych. Żeby się przekonać, czy pojęcie ery informatycznej odpowiada standardom warsztatu historycznego, prześledźmy jeszcze na paru przykładach, jakie to transformacje obrazu świata, i na jaką dokonujące się skalę, upoważniają do mówienia o nastaniu nowej epoki.

Trudno dotrzeć wyobraźnią do wizji świata naszych praprzodków z tych czasów najbardziej zamierzchłych, które nie umiały przekazać myśli utrwalo-

¹ Jacek Kuroń to postać reprezentatywna dla stanu świadomości, do którego nawiązuję w tym punkcie. Wysoce wykształcony i z wielką wrażliwością na problemy, które przynosi duch czasu (Zeitgeist), pisał on przed paru laty, co następuje. „W obrębie jednej generacji doszło do przewrotu technologicznego na skalę nieznaną w dziejach ludzkości. Na naszych oczach skończyła się epoka przemysłowa, w której żyliśmy od XVIII wieku, i nastąpiła epoka informatyczna.” Art. „Koniec epoki kompromisu”, „Rzeczpospolita”, 07.08.2004, Nr 32. Zob. też www.rzeczpospolita.pl/dodatki/plus.minus_040807/plus.minus_a_5.html.

nych w piśmie. Natomiast głębokie zmiany w kulturze materialnej, i z nią związanej organizacji społecznej, znamy z licznych pozostawionych śladów. Na tej zasadzie odróżniamy wiek paleolitu, neolitu, brązu itd.

Patrząc tak z lotu ptaka, trzeba szczególnie zwrócić uwagę na bodaj największy w dziejach przełom cywilizacyjny, jakim było w czasach neolitu, na około sto wieków przez naszą erą, powstanie rolnictwa, a wraz z nim życia osiadłego – miast nieustannego uganiania się wędrowną hordy za pokarmem. Wędrowni zbieracze i myśliwi nie byli w stanie stworzyć cywilizacji, bo ta wymaga ciągłości, sumowania się dorobku kolejnych pokoleń, a do tego konieczne jest życie osiadłe. Nie ma wątpliwości, że przejście od stanu nie rokującego szans na powstanie cywilizacji do stanu, dzięki któremu powstała, zasługuje na miano przełomu epok.

1.2. Podobnie, korelacja przełomowych zdarzeń i nowych idei rysuje się wyraziście od europejskiego średniowiecza. Zdarzeniem inaugurującym nowy ład w Europie była koronacja Karola Wielkiego przez papieża w Rzymie w roku 800. Co przedtem wywalczył Karol przemocą, poszerzając mieczem królestwo Franków o rozległe nabytki, to od momentu koronacji zaczęło mu przysługiwać z woli Bożej. Wszak Boski namiestnik aktem tym mianował go władcą odnowionego na modłę chrześcijańską cesarstwa rzymskiego. Tytuł zaś cesarskiego Rzymu (tylko przejściowo, jak wierzono, upadłego) do politycznego władania światem był dla ówczesnych ludzi równie oczywisty, jak uniwersalna władza papieża w sferze duchowej. Na fundamencie tych dwu władz powstał system feudalny, który na dobre parę wieków dał Europie względną stabilizację. Ta była niezbędna, żeby przez następne wieki mogła Europa stawać się kolebką tej cywilizacji, która, ostatecznie, okazała się być skrojona na miarę wartości i dążeń uniwersalnych.

Jak można by streścić ideę światopoglądową, która legitymizowałaby ów chrześcijański ład feudalny? Byłoby to zdanie: *bądź bezgranicznie posłuszny Bogu, który wszystkim na ziemi zarządza przez swych namiestników*. Za ostateczne źródło władzy na ziemi uznawano tandem papieża z cesarzem. Poprzez łańcuchy ogniwi pośrednich wywodziła się od nich wszelka władza; np. Bolesław Chrobry został królem Polski z nadania cesarza Ottona III, co zostało poświadczane przysłaniem mu z Rzymu korony poświęconej dłonią papieża.

Cnotę posłuszeństwa Bogu i przełożonym stawiała na czele wszystkich cnót, jako sam ich rdzeń, dominująca nad kulturą średniowiecza reguła św. Benedykta. Świeckich zaś obowiązywała bezwzględna lojalność rycerza wobec swego suwerena, uległość mieszczanina wobec ustaw i władz cechowych, poddaństwo chłopów. Także podporządkowanie nauczaniu papieskiemu wszelkich dociekań myślowych.

Przelamywanie tego ostatniego z wymienionych rodzajów posłuszeństwa znamionuje początek nowej epoki. Kopernik i Galileusz ponad autorytet władz kościelnych postawili matematykę i fakty doświadczenia, a Luter i Kalwin, w sferze religijnej, Biblię. Odkrycie Ameryki i następujące po nim inne wyprawy poszerzyły horyzont świata daleko poza średniowieczne gra-

nice. Wynalazek druku udostępnił wiedzę populacji nieporównanie szerszej niż średniowieczny klan duchownych. Widać, jak zdarzenia historyczne (te za sprawą Kolumba czy Gutenberga) wrastają w tkankę przemian myślowych. Nowy stan świadomości, na razie w samej elicie umysłowej, streszcza się w powiedzeniu Galileusza, że *księga przyrody jest pisana językiem matematyki*.

1.3. Kolejna faza nowożytności to Oświecenie, w którym narodziły się pojęcia praw człowieka, demokracji, wolnego rynku, autonomii rozumu. Jak w każdej epoce, bieg procesów był ukierunkowany przez splatające się nurty myśli filozoficznej i naukowej oraz zdarzeń w polityce i gospodarce. Dla Oświecenia najważniejszym w sferze nauki zdarzeniem była publikacja dzieła Newtona, a w politycznej drodze ku demokracji i prawom człowieka okazały się szczególnie znaczące doświadczenia, dobre i złe, które się rozegrały w angielskim życiu politycznym, w szczególności „Glorious Revolution” (1688/89). Wydarzeniem tamtej epoki na miarę dziejową był pierwszy w historii akt prawny zakazujący handlu niewolnikami na terenie imperium brytyjskiego (1807), poprzedzony orzeczeniami sądów angielskich i szkockich w kilku konkretnych przypadkach. Znamienny był wyrok sądu w Edynburgu z roku 1777 motywujący nielegalność niewolnictwa naturą człowieczeństwa: z niej to wynika, że żaden człowiek nie może być własnością innego (*No man is by nature the property of another*). Była to bodaj pierwsza w dziejach deklaracja praw człowieka, i to zrealizowana od razu ze skutkiem praktycznym.²

Nie mniej doniosły aspekt wolności człowieka podniósł w tymże czasie (1783) koryfeusz Oświecenia niemieckiego Immanuel Kant w słynnym zdaniu:

§ Oświecenie jest to wyjście człowieka ze stanu takiej niemożności posługiwania się własnym rozumem, że oddaje on swój rozum pod kierownictwo kogoś innego. — *Aufklärung ist der Ausgang der Menschen aus [...] seinem Unvermögen sich seines Verstandes ohne Leitung eines anderen zu bedienen.*

W obu tych sentencjach wolność ludzka zostaje podniesiona do rangi naczelnej kategorii moralnej: jest prawem człowieka w świetle wyroku sądu szkockiego, a jest dlań imperatywem i warunkiem godności w myśl oświeceniowej etyki Kanta.

§2. Era informatyczna w porównaniu z przemysłową

2.1. Gdy idzie o kwestię, czy wraz z komputerami nastąpiła nowa era, największa nauka płynie z porównań z epoką przemysłową. Nie ma wątpliwości, że wynalazek silnika o rozległych zastosowaniach, najpierw parowego (a niebawem

² Zob. Arthur Herman „The Scottish Enlightenment. The Scotts’ Invention of the Modern World”, Harper Perennial, London etc. 2002, s. 100n.

innych) dokonany pod koniec XVIII wieku wywołał rewolucję przemysłową, a ta odmieniła życie ludzkie nie mniej niż kiedyś rewolucja rolnicza. Uczyniła też ludzi tak dalece niezależnymi od energii wody, wiatru i mięśni zwierząt, że przyniosła zupełnie nowe spojrzenie na stosunek człowieka do przyrody, stosunek daleko posuniętej niezależności. Tak inny od tego z epoki rolniczej, że jawi się to jako przełom światopoglądowy.

Zrodzona w XIX wieku epoka przemysłowa to tylko jeden z punktów odniesienia dla charakterystyki naszych czasów. Im bliżej do tych czasów, tym bardziej złożona jawi się nam rzeczywistość, niemożliwa do oddania w jakimś jednym haśle. Równoległe z burzliwym procesem industrializacji rozgrywały się dwa inne procesy, oba w sferze myśli, co nie oznacza jakiejś mniejszej mocy sprawczej. Każdy zachodził w innej sferze kultury, jeden głównie w nauce, drugi głównie w sztuce. Pierwszy to *scjentyzm*, a drugi – *romantyzm*.

Ten drugi miał też doniosłe implikacje społeczne, gdy łączył się u filozofów i poetów z apoteozą sztuki ludowej i odkryciem wartości ludu wiejskiego (nie bez znaczenia dla budzących się chłopskich ruchów politycznych). Pojęcie ludu zlewało się nierzadko z pojęciem narodu (niemieckie *Volk*), a romantyzm szerzył kult zamierzchłych legendarnych korzeni narodu, co z kolei zasililo prądy nacjonalistyczne, które tak wielką, nieraz złowieszczą, rolę miały odegrać w XX wieku.

Scjentyzm i romantyzm pozostawały w ostrej wzajemnej opozycji, czemu kapitalne świadectwo dał Adam Mickiewicz w „Romantyczności”, gdzie racjom uczonego scjentyisty, zapatrzonego w świat fizyczny („widzisz świat w prozku, w każdej gwiazd iskiec”) przeciwstawia poeta świat serca i ducha. Tenże poeta w innej pieśni napomina, by ducha nie mierzyć narzędziami nauki („cyrkla, wagi i miary do martwych użyj brył”). Temu romantyzmowi, po upływie wieku, przeciwstawi informatyzm przekonanie, że świat umysłu daje się również ujmować cyfrowo, a pomysł by robot był poetą nie jest skrajnie absurdalny.

Nie mniej zdecydowanie przeciwstawi się światopogląd informatyczny scjentyznemu. Ten drugi bowiem opierał się na mocnej wierze w definitywną rozstrzygalność wszelkich problemów naukowych. Dziś z najnowszych dziejów fizyki wiemy, że nie ma w niej rozstrzygnięć ostatecznych, a za taką uważał scjentyzm fizykę Newtona. Zaś z badań logiczno-matematycznych wiemy, że *nierozstrzygalność* jest na dobre zadomowiona w matematyce; uwalnianie od niej kolejnych obszarów nauki, choć wykonalne i owocne, jest procesem mającym granicę dopiero w nieskończoności, czyli nie kończącym się nigdy.

2.2. Skoro w wieku XX nastąpiła za sprawą informatyki zmiana obrazu świata tak przełomowa w stosunku do prądów intelektualnych poprzedniego stulecia, to mamy dobre racje, żeby mówić o nowej epoce i nazwać ją informatyczną. Nie mniej silne racje, a bardziej jeszcze dostrzegalne w skali społecznej, rysują się w wyniku porównań do rewolucji przemysłowej sprzed dwóch stuleci oraz rolniczej, tej sprzed ponad stu wieków.

Każdy z tych przełomów, rolniczy i przemysłowy, imponująco zmniejszył zależność człowieka od zasobów przyrody, czyniąc go panem swego losu w stopniu różniącym go niepomiernie od świata zwierząt. Miało to też daleko idące skutki w sferze struktur społecznych. Uprawa roli dawała wyżywienie niezależnie od tego, czy szczęśliwy los pozwolił coś upolować lub zerwać z drzewa. Dawało to pewną nadwyżkę czasu, który można było przeznaczyć na inne zajęcia służące ulepszeniu życia i postępowi cywilizacji. Dawało też nadwyżki żywności, dzięki czemu nie wszyscy musieli produkować żywność, co dało początek specjalizacji umiejętności i wymianie towarowej; te dwa zjawiska to, jak zauważył Adam Smith, źródło bogactwa niezbędnego do finansowania postępów cywilizacji.

Rewolucja przemysłowa z kolei imponująco przysporzyła mocy energetycznych. Miast poprzestawać na skąpym limicie wyznaczonym przez przyrodę, można było potencjał energetyczny zwiększać na miarę dostępnych zasobów surowcowych, a tych ziemia dostarcza w obfitości. Nowy potencjał energetyczny zmienił do gruntu możliwości produkcyjne gospodarki, także możliwości komunikacyjne (kolej żelazna etc.) w sposób absolutnie dla wcześniejszych pokoleń niewyobrażalny. W konsekwencji, nie mniej rozległe zmiany zaszły w strukturze społecznej (proletariat fabryczny, inteligencja techniczna etc.), niosąc dalekosiężne konsekwencje polityczne.

Czy zachodzą analogie z dwiema poprzednimi epokami, rolniczą i przemysłową, co do rodzaju i skali zmian, gdy idzie o zmiany powstające za sprawą komputera? Jeśli tak, to istotnie można będzie mówić o epoce informatycznej. Co do zasobów dostarczanych przez łaskawą przyrodę, to te należą w erze informatycznej ani do sfery materii, jak żywność, ani do energii, lecz do dziedziny *mocy obliczeniowej czyli zdolności przetwarzania informacji na potrzeby będących do rozwiązania problemów*.

Aż do połowy wieku XX istniejąca w świecie moc obliczeniowa mieściła się w organizmach – wszelkich, gdy idzie o moc kodu genetycznego, a wyłącznie zwierzęcych, gdy idzie o kod neuronowy. Człowiek zdany był więc jedynie na możliwości obliczeniowe swego mózgu; jakkolwiek niemałe, podlegają one ścisłej reglamentacji ze strony przyrody i tych limitów ludzkość nie była w stanie przekroczyć. Powstałe za sprawą komputerów możliwości ich przekraczania są jeszcze bardziej imponujące niż te, które nastąpiły w sferze energetyki. Szybkość lokomotywy przekracza dwudziestokrotnie szybkość piechura. A jak wyprzedza komputer szybkość obliczeniową mózgu? Żeby sobie to uzmysłowić, pomyślmy, ile zajmie człowiekowi, a ile komputerowi obliczenie np. wartości liczby π do tysiąca miejsc po przecinku; przewaga komputera nad ludzkim rachmistrzem jest większa o niebotyczne rzędy wielkości niż przewaga lokomotywy nad piechurem. Gdy tak to mierzyć, skala rewolucji informatycznej dalece przewyższa skalę przemysłowej. Nie jest to miara jakości „wydumana”. Już pierwszy amerykański komputer z lat czterdziestych przy konstruowaniu bomby dokonywał obliczeń niewykonalnych dla setek rachmistrzów. Podobnie się sprawiał wcześniejszy o kilka lat brytyjski Colossus przeznaczony do deszyfrowania Enigmy.

Jeszcze bardziej zadziwiająca jest ta skala zmian gospodarczych, społecznych i politycznych, które przynosi komputer podniesiony do n-tej potęgi czyli do skali Internetu. W sferze politycznej dyktatury, których nie byłaby w stanie obalić potęgą militarna mocarstw padają pod naporem bezbronnych tysięcy manifestantów, którzy się skrzyknęli i zorganizowali przez serwis społecznościowy. Zagraża też dyktaturom fakt, że wobec wszechobecności Internetu okaże się mało skuteczna blokada informacji, które mogłyby skłaniać obywateli do działań opozycyjnych. Internet jest też sprawcą globalizacji finansów, gdzie skutkiem tempa zdalnie prowadzonych operacji życie gospodarcze nabrało niesłuchanego rozpędu. Lista zmian o tej skali ciągnęłaby się długo, ale już widać, że gdy nie ma przesady w mówieniu o epoce przemysłowej, nie ma jej także, gdy ogłasza się nastanie *ery informatycznej*.

§3. Pojęcie obliczalności w centrum zagadki umysłu

3.1. Dotykamy tu kwestii, w której światopogląd informatyczny rozgałęzia się jakby na dwie szkoły myślenia, zależnie od tego, jak pojmie się terminy „obliczalność” i „moc obliczeniowa”. Nim dojdziemy do kontrowersji rodzącej to rozejście się poglądów i potęgującej zagadkowość problemu, zauważmy co następuje. Każda faza cywilizacji ma dorobek dający się streścić pewną listą pojęć kluczowych. Na liście starożytnych Greków znajdzie się np. „logos” i „polis”, na liście rzymskiej „virtus” i „lex”, na czele listy średniowiecznej „Deus” itd. Epoka informatyczna ma na swoim, by tak rzec, transparenście hasła *obliczalności* oraz *mocy obliczeniowej*.³ Pierwszy z tych dwóch terminów wystąpił wcześniej, jeszcze przed świtaniem ery informatycznej. Trzeba je datować od pojawienia się równocześnie i niezależnie, w tym samym roku 1936, kilku przełomowych prac logiczno-matematycznych na temat obliczalności (A. Church, E. Post, A. Turing).

Zanim to nastąpiło, klasyk myśli społecznej Max Weber z przełomu wieków XIX i XX posłużył się – jako kluczowym dla nauk społecznych – pojęciem obliczalności (*Berechenbarkeit*), mając na myśli rys charakterystyczny dla cywilizacji zachodniej, szczególnie w jej fazie kapitalistycznej. Nie mógł on jeszcze się powołać na wiedzę o komputerach, ale odwoływał się do idei automatu, szeroko już wtedy rozpowszechnionej w świecie kapitalistycznym np. w postaci regulatorów w urządzeniach mechanicznych (jak regulator Watta) czy kalkulatorów handlowych produkowanych na wzór arytmometru Leibniza. Pojęcie automatu wzięł on za idealny wzorzec, niejako górny kres precyzji, który powinna w miarę możliwości aproksymować praktyka społeczna w gospodarce, administracji, sądownictwie, polityce.

³ Przed lekturą tego odcinka konieczne jest zapoznanie się z treścią eseju drugiego, gdzie zagadnienia obliczalności są przedstawione systematycznie i od podstaw. Obecny odcinek, zakładając wyłożoną tam wiedzę, dobrze już ugruntowaną, porusza się po gruncie bardziej kontrowersyjnym.

Niezależnie od tego, w innym kontekście teoretycznym, pojęcie obliczalności pojawiło się w polemikach ekonomistów, które od lat 20-tych ubiegłego wieku toczyły się przez dekady między liberalną Szkołą Austriacką i zwolennikami ekonomii socjalistycznej; był to spór na temat tego, który system zapewnia gospodarce większą obliczalność. Kwestie te omawiam znacznie szerzej w zakończeniu tej części (▷esej 20), tu zaś wspominam je po to jedynie, żeby zwrócić uwagę na światopoglądowe znaczenie idei obliczalności, sięgającej aż po rejony filozofii politycznej, gospodarczej etc. Jest bowiem ta idea rdzeniem światopoglądu informatycznego.

Nie znaczy to, że w owej wersji socjologicznej pokrywa się ona z logiczno-informatycznym pojęciem obliczalności. Zachodzi jednak między tymi wersjami godny uwagi stosunek. Logiczno-informatyczna definicja nie tylko określa z maksymalną precyzją pojęcie obliczalności. Ponadto, czyni możliwym postawienie fundamentalnych pytań, które bez niej nie mogłyby się pojawić. Pytań doniosłych dla filozofii umysłu i filozofii życia społecznego.

3.2. Alan Turing, idąc drogą przetartą przez Hilberta i Gödla, udowodnił coś, czego się nie domyślano przez cały czas dotychczasowych dziejów matematyki. Mianowicie, że świat matematyki samej w sobie jest nieporównanie bogatszy niż dziedzina tego, co ludzie mogą obliczyć za pomocą takiego czy innego rachunku. Jest mianowicie, jak wykazał Turing, nieskończenie wiele liczb, dla których uniwersalna maszyna obliczeniowa nie dysponuje wzorami na ich obliczenie. Na język informatyki przekłada się to powiedzeniem, że nie istnieje program ich obliczania, który byłby realizowalny przez maszynę lub postępującego rutynowo (tj. bez inwencji) rachmistrza. Istnieją więc – co brzmi jak paradoks – liczby nieobliczalne i funkcje nieobliczalne. Te drugie są to takie, że choć liczba będąca wartością funkcji istnieje obiektywnie w świecie matematycznym, nie istnieje wzór (inaczej algorytm, program) na jej obliczenie (▷esej 10, §2).

Tak więc, zbiór funkcji obliczalnych wyznacza górny kres możliwości obliczeniowych tego co nazwano *uniwersalną maszyną Turinga* (skr. UMT, ▷esej 3, §4.1 i esej 10, §2).⁴ Nie potrafi ona bowiem znajdować wartości funkcji nieobliczalnych. Zasięg możliwości obliczeniowych maszyny będziemy nazywać jej *mocą obliczeniową*. Odróżnimy moc w sensie logicznym od mocy w sensie fizycznym. Pierwsza jest cechą oprogramowania, druga – sprzętu. Ta druga nie wchodzi w grę w rozważaniach o UMT, która jest abstrakcyjnym obiektem matematycznym, nie zaś urządzeniem fizycznym. Powiemy więc, że moc obliczeniowa UMT ogranicza się do znajdowania wartości funkcji obliczalnych.

Termin „moc obliczeniowa” ma imponującą liczbę wystąpień, co widać w niezliczonych kontekstach; np. Google ma w swym zasięgu setki tysięcy kontekstów dla terminu pol-

⁴ Jeśli mówi się o maszynie Turinga bez przydawki „uniwersalna”, to obejmuje się tym terminem oprócz UMT także maszyny o mniejszym zasięgu obliczeniowym, wyspecjalizowane do poszczególnych rodzajów obliczeń, choćby tak skrajnie proste, jak maszyna umiejąca nie więcej niż znajdować dla każdej liczby jej następnik.

skiego, a dla „computing power” blisko 20 milionów. Co się tyczy rozróżnienia na moc obliczeniową fizyczną i logiczną, w literaturze częściej się spotykamy z tym pierwszym sensem. Upowszechnił się on zwłaszcza dzięki częstemu cytowaniu *prawa Moore’a*. Głosi ono, że moc obliczeniowa komputerów, mierzona szybkością procesora i pojemnością pamięci, wzrasta w tempie wykładniczym, podwajając się w okresie szacowanym na 1,5-2 lat. Zwroty w rodzaju „moc obliczeniowa algorytmu” czy „moc obliczeniowa programu” występują rzadziej (częściej się mówi o efektywności programu); w obecnych rozważaniach oba sensory występują równorzędnie.

Dzięki definicji określającej z pełną dokładnością moc obliczeniową UMT, jesteśmy w stanie zastanowić się nad kwestią, czy jest to górny próg jakiegokolwiek mocy obliczeniowej. To znaczy taki, że obowiązywałby nie tylko UMT, lecz także sztuczne i naturalne sieci neuronowe, DNA, automaty komórkowe, komputery kwantowe etc.

Brakuje w polskiej terminologii słów, które pozwoliłyby wyrazić zwiąże powstający wokół tego pytania dylemat. W angielskiej funkcjonuje termin *Turing computability*, co oddać można zwrotem *obliczalność w sensie Turinga*, i odpowiednio mielibyśmy zwrot *moc obliczeniowa w sensie Turinga*.⁵

Treściowo są one do przyjęcia, ale byłyby niewygodne przez swą długość. Skróćmy więc część określenia do jednej litery „t” od „Turing”, i zaadaptujmy, odpowiednio, terminy *t-obliczalność* oraz *moc t-obliczeniowa*. Słowo zaś „obliczalność”, w skrócie „obl”, a więc bez tego prefiksu odnosić się będzie do klasy liczb, funkcji etc. obejmującej zarówno to wszystko, co jest t-obliczalne (t-obl), jak i to, co jest obliczalne ale NIE jest t-obliczalne (nt-obl).⁶

Na temat, co jest obliczalne, nie będąc t-obliczalne, powstała obfita literatura do której można dotrzeć przez hasła „hypercomputation”, jak też „super-computation”, „super-Turing computation”, „non-Turing computation” itp. Ta obfotność propozycji terminologicznych wymaga pewnego namysłu, co z tego wybrać na potrzeby obecnych rozważań. I jak to zaadaptować do polskiej terminologii informatycznej, która w tym względzie mało jest jeszcze rozwinięta.

3.3. Przystępując do tego zadania, warto zwrócić uwagę na charakterystyczne określenie, które się pojawiło w literaturze: *non-Turing-computation community*.⁷ Artykuł E. Blakeya, w którym znajdujemy ten termin trzeba zlokalizować wysoko w rankingu publikacji informatycznych, biorąc pod uwagę

⁵ Zob. np. hasło *Turing Machines* w *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.

⁶ Omawiane tu rozróżnienie jest tak istotne dla zagadnienia relacji umysł-komputer-świat, że pojawia się w tych esejach kolejno w trzech kontekstach, podejmujących ten temat coraz pełniej. Pierwszą zapowiedź mamy w eseju 10, pod koniec ustępu §2.4. W obecnym tekście jest ten temat rozwijany na tyle, ile jest konieczne jako wprowadzenie do rozważań, które dalej następują, ale bez rozwinięcia takiego, jak w eseju 18 (§1.1 i następne), które polega m.in. na osadzeniu zagadnienia w literaturze oddającej aktualne, żywe, w tej sprawie kontrowersje. W celu dopasowania do literatury, modyfikuje się tam nieco oznaczenia, mianowicie zamiast prefiksów w formie „t” i „nt” stosuje się je w postaci kapitalików „T” i „NT”.

⁷ Zob. Ed Blakey (Oxford University Computing Laboratory), *Computational Complexity in Non-Turing Models of Computation*, "Electronic Notes in Theoretical Computer

afiliację autora, aktualność daty (2011), pozycję pisma i pozycję wydawcy.⁸ Określenie to dobrze diagnozuje wspomniany wyżej w §3.1 stan podziału w społeczności badaczy poświęcających się informatyce teoretycznej (nieco szerzej opisuję go dalej, komentując formułę Df[obl]). Jest to, mianowicie, podział na tych, co negują istnienie innej obliczalności niż ta będąca w zasięgu UMT oraz tych, którzy dostrzegają również inne typy obliczalności; Blakey należy do tych drugich. Stan ten wyznacza zarazem dwie główne wersje światopoglądu informatycznego, z których jedna jest po turingowsku monistyczna, druga zaś pluralistyczna. Zaliczając się do pluralistów (jak Ed Blakey, cytowany niżej Bruce McLennan i wielu innych) próbuję – w tym i następnym odcinku – wskazać na niektóre ich racje. Zacząć trzeba od uzupełnienia w tej materii polskiego słownictwa, drogą adaptacji któregoś z wymienionych terminów angielskich, mając przy tym na uwadze, że i w terminologii angielskiej sytuacja jest nieco płynna. Pewną próbę jej ustabilizowania stanowią prace Bruce MacLennana (Dept. of Computer Science, University of Tennessee, Knoxville). W jednej z nich (2006) pytanie o właściwy wybór zawarte jest w samym tytule *Super-Turing or Non-Turing?*⁹

Autor wyraża pogląd, że nie należy utożsamiać zakresowo określeń „super-Turing” i „non-Turing”, gdyż te prefiksy wskazują na odmienne układy odniesienia. Kontynuując myśl autora, jako klasyczny przypadek z kategorii „super” można wskazać problem Turinga w pracy z roku 1939, w której próbował on sformalizować intuicję matematyczną prowadzącą do dostrzeżenia prawdziwości zdania gödłowskiego (por. ▶esej 19).¹⁰ Zdania tego nie może UMT udowodnić, jest więc ono powyżej (super) jej mocy obliczeniowej, ale punktem odniesienia jako model idealny procesu obliczeń pozostaje wciąż maszyna Turinga. Gdy zaś weźmiemy pod uwagę model pracujący na innej zasadzie, np. analogowej, wtedy mamy do czynienia z opozycją względem UMT wyrażoną w prefiksie „non”. W tej kategorii znajdują się, w szczególności procesy obliczeniowe wykonywane przez przyrodę (por. niżej ▶§3.4). Należą do nich zachowania sieci neuronowych, zachowania grupowe insektów w takich układach jak mrowisko itp. Inna sfera modeli non-turingowskich otwiera się – zdaniem MacLennana – przed technologiami wykorzystującymi w nowy sposób prawa fizyki, jak nanotechnologia, techniki biologiczne, optyczne, kwantowe.

Idąc za tym wątkiem argumentacji, przyjmuję na potrzeby obecnych rozważań termin „non-Turing computation”, jak to wyżej przedstawiłem w §3.2. Z tą jednak modyfikacją, że nie przesądzam (jak to czyni MacLen-

Science" (ENTCS) Volume 270 Issue 1, February, 2011. Elsevier Amsterdam. Adresy sieciowe: users.ox.ac.uk/~quee1871/dcm08.pdf oraz portal.acm.org/citation.cfm?id=1942393.

⁸ Elsevier, wydawnictwo liczące już parę wieków, wślawiło się wydaniem w roku 1638 dzieła Galileusza uchronionego przed Inkwizycją dzięki protoplaście tej firmy.

⁹ Zob. www.hypercomputation.net/download/2006_maclennan.pdf.

¹⁰ A. Turing, *Systems of logic based on ordinals*, „Proc. of the London Math. Society”, Series 2, 45, 1939, 161-228.

nan), czy „super” znajduje się poza zakresem „non”, czy jest tym zakresem w całości lub częściowo objęte. Na obecnym etapie lepiej jest to pozostawić jako sprawę otwartą; za mało bowiem wiemy o takich procesach jak np. rozumowanie gödłowskie, żeby móc powiedzieć, czy podpada ono pod typ obliczania z kategorii non-Turing; ten stopień niedookreśloności nie będzie dla obecnych rozważań stanowić przeszkody.

Adaptacja do terminologii polskiej – przypomnijmy – polega na poprzędzaniu terminu „obliczanie” i odeń pochodnych, w skrócie „obl”, prefiksem „t” jako skrótem od „Turing” i „nt” jako skrótem od „non-Turing”. Predykat „obliczalny” stosujemy do obiektów różnych kategorii. Podstawowa jest kategoria liczb i funkcji, a wśród pochodnych są „problem” i „proces”. Mówimy, że problem jest obliczalny, gdy istnieje obliczeniowa (w takiej lub innej odmianie) metoda jego rozwiązania. Proces jest obliczalny, gdy obliczalne jest pytanie o jego wynik. Tę cechę, przysługującą liczbie, funkcji, problemowi czy procesowi, oddaje nazwa abstrakcyjna „obliczalność”; to ona służy do odczytywania skrótu „obl”, o ile kontekst nie wskazuje inaczej.

§ Rozważamy dwie klasy obiektów mających tę cechę w jednej z jej odmian, mianowicie *t-obl* oraz *nt-obl*. Sumują się one do klasy będącej zakresem ogólnego pojęcia obliczalności, co wyraża następująca formuła.

§ Df[obl]: $\text{obl} = \text{t-obl} \cup \text{nt-obl}$.

§ Inaczej mówiąc, wtedy i tylko wtedy coś (liczba, funkcja, problem, proces, struktura) jest obliczalne, gdy jest *t-obliczalne* lub *nt-obliczalne*.

Negacja w prefiksie symbolizowana literą „n” nie oznacza, że sumowane klasy mają być rozłączne. Nie jest to operacja na klasie, lecz na cesze, co nie musi pociągać rozłączności klas. Nie wykluczamy, że ten sam problem może być rozwiązywalny na dwa odmienne obliczeniowo sposoby, np. analogowo i cyfrowo.

Po takim przygotowaniu terminologicznym, daje się określić przedmiot sporu i spierające się szkoły myślenia. Jedna ze szkół uważa obie klasy, *t-obl* i *nt-obl*, za niepuste, podczas gdy druga daje wyraz przekonaniu, że tylko klasa *t-obl* jest niepusta. Trzeba szkoły te jakoś ponazywać. Dla poglądu, że cokolwiek jest obliczalne, to jest obliczalne za pomocą algorytmów, czyli instrukcji realizowanych przez UMT, nasuwa się miano *algorytmizmu* (w angielskim funkcjonuje „algorithmism” m.in. w pismach Hao Wanga, wybitnego logika, współpracownika i komentatora Gödla).

Wyznają ten pogląd autorzy głoszący pustość klasy *nt-obl*. Argumentują oni, że tam, gdzie nie daje się aktualnie wskazać algorytmu należącego do repertuaru UMT, działa taki algorytm w ukryciu, jak dotąd, niedostępny dla naszego poznania (np. z powodu zbyt małej wiedzy o mózgu), lecz poznawalny w jakiejś przyszłości. Niektórzy, jak znany kwantowy fizyk Ed Fredkin wzmacniają ten argument założeniem, że cała rzeczywistość jest skwantowana i skończona, a kontinuum (np. czasu i przestrzeni) w gruncie rzeczy nie istnieje, będąc jedynie chwytem metodologicznym ułatwiającym nasze obliczenia. Inni,

jak fizyki i kosmolog Frank Tipler, akceptują nieskończoność i przypisują jej kluczową rolę, ale byłaby to nieskończoność jedynie przeliczalna (w sprawie przeliczalności ▶esej 10, §2.2). Wtedy do obliczeń mogących odtworzyć na prawach symulacji każdy proces we wszechświecie wystarczyłaby UMT z nieskończoną pamięcią, którą dałoby się uzyskać w wyniku pewnych gigantycznych poczynań inżynierii kosmicznej, których projekty Tipler szczegółowo przedstawia (Google dostarcza na ten temat prawie 1000 dokumentów wywołanych hasłami: Frank Tipler infinite memory).

Na tej samej zasadzie dla stanowiska uznającego niepustość klasy nt-obl nasa się określenie: *non-algorytmizm*.

3.4. Propozycja odróżniania dwóch kierunków, określanych jako algorytmizm i non-algorytmizm, wymaga doprecyzowania, co się pod słowem „algorytm” rozumie. A mamy tu do czynienia co najmniej z dwoma sensami. W jednym z nich algorytm jest to abstrakcyjny obiekt matematyczny, który da się zakodować w jakiejś liczbie naturalnej (odsylam do metody kodowania dowodów formalnych, czyli algorytmicznych, zastosowanej przez Gödla: ▶18, §4). Tak pojęty algorytm należy do abstrakcyjnej domeny matematyki. Drugie rozumienie umieszcza algorytmy w dziedzinie tekstów będących pewnego rodzaju przepisami postępowania. Tekstów, a więc wytworów ludzkich, których elementami są napisy złożone z umownych symboli; jako wytwory ludzkie należą one do sfery kultury. Popularyzatorzy informatyki jako prosty przykład tak pojętego algorytmu chętnie wymieniają przepisy kulinarne; są to niewątpliwie wytwory kulturowe. W dziedzinie algorytmów obliczeniowych takimi wytworami kultury są szkolne przepisy rachowania „w słupkach”. Były one historycznie pierwszym rodzajem tekstów określanym mianem algorytmów (od imienia ich autora, które w arabskim brzmiało Al-Chwarizmi). Znacznie później pojawiło się pojęcie algorytmu jako abstrakcyjnego bytu matematycznego. Podsumujmy: w słowie „algorytm” kryją się dwa sensy – matematyczny i kulturowy.

Zobaczmy, jak sprawdza się to rozróżnienie. Oto mamy zdanie Leibniza: *cum Deus calculat, fit mundus*. Oczywiście, Bóg nie oblicza na kartce papieru, krok po kroku wypisując ciągi symboli, ani nie czyni tego za pomocą klawiszy jakiegoś kalkulatora. Nie wchodzi tu więc w grę pojęcie algorytmu kulturowe. Nie mógł też mieć Leibniz na myśli pojęcia matematycznego jako pokrywającego się z mocą obliczeniową UMT, bo jego koncepcja umysłu nieskończonego nie dopuszczała takich ograniczeń. Musiała to być w jego rozumieniu jakaś kalkulacja superalgorytmiczna. Mamy więc przykład poglądu pochodzącego od największego spośród prekursorów informatyki: pogląd, który nie jest algorytmizmem przy żadnym ze znaczeń słowa „algorytm”.

Maksymę Leibniza można sparafrazować na wersję bardziej świecką, nadając jej brzmienie: *cum mundus calculat, fit mundus*. Wyznają tę myśl autorzy żywiący poglądem, że świat jest komputerem, który oblicza swą własną ewolucję. To znaczy, jest w procesie stawania się w wyniku prowadzonych przez siebie obliczeń. Jak rozumieją ci autorzy ów proces: jako algorytmiczny czy non-algorytmiczny? Z pewnością nie byłyby to algorytmy w sensie kul-

tutowym. A jeśli w sensie matematycznym, to czy byłyby ograniczone do repertuaru właściwego UMT? Zacytuję w tej sprawie pewien tekst, zaczerpnięty nie z publikacji lecz z prywatnej korespondencji (autorem jest informatyk Jarosław Sokołowski). Tekst ten dobrze reprezentuje pogląd o niewyobrażalnie wielkich zdolnościach przyrody do znajdowania wartości funkcji nieobliczalnych czyli do obliczeń w sensie non-algorytmicznym (co akcentuje cytowany w §3.3 MacLennan).

Liść paproci opisuje się równaniem, które dobrze modeluje jego złożoność. My takie równania rozwiązujemy obliczaniem, niekiedy bardzo pracowicie. Tymczasem przyroda śmieje się z naszych wysiłków i pokazuje nam, że zna *od razu* rozwiązanie wszystkich równań. I na dowód tego macha nam gałązką paproci. Albo pokaże nam trzy ciała poruszające się i wzajemnie oddziałujące grawitacyjnie na siebie. My tego nie jesteśmy w stanie policzyć, a one jednak się ruszają. Może rację ma Kubuś Fatalista, który mówi (pociągawszy uprzednio z bukłaczka), że w górze są zapisane wszystkie rozwiązania równań różniczkowych?

Może nie jest tak, że przyroda zna rozwiązania od razu. Być może są one wypracowane w toku ewolucji; w tym punkcie Natura różniłaby się od leibnizańskiego Stwórcy, wolnego od uwikłania w czas.

W każdym razie, przepływa przez całą rzeczywistość nieustanny i wszechobecny proces obliczeniowy, w którym zanurzony jest ludzki umysł jako aktywny tego procesu uczestnik. Podlega on obliczeniom prowadzonym przez przyrodę, lecz i sam je prowadzi, przekształcając tym otaczającą go rzeczywistość kosmiczną, chociaż – jak pisze Freeman Dyson (motto na początku eseju) – został ulokowany w małym zakątku kolosalnego wszechświata. Jak doszło do zaistnienia takiej mocy obliczeniowej, jaką dysponuje umysł w asyście swych komputerów, i jak dalece moc ta może się jeszcze rozwinąć, to pytania z kategorii „mysteries”, jak je nazywa Dyson. Pewien jednak wgląd, niejasny i tylko hipotetyczny, ale wyraziście zabarwiający światopogląd ery informatycznej, dają nam scenariusze, które snują fizycy i kosmologowie myślący o świecie w kategoriach informatycznych. Kilka na ten temat fragmentarycznych uwag zawiera następny odcinek.

§4. Konfrontacja uniwersalnej maszyny Turinga z rzeczywistością fizyczną

4.1. Stając wobec zagadki umysłu, niezbyt możemy liczyć na jakieś oświecenie ze strony psychologii. Obietnice, jakie dawały w tej materii różne teorie psychologiczne okazywały się zawodne.

W pierwszej połowie ubiegłego wieku wydawało się psychologom, że posiadli teorię wyjaśniającą mechanizmy funkcjonowania umysłu. Bardzo byli zadowoleni z siebie np. psychoanalitycy, przypisując sobie rewolucję naukową która miała dać nowy zrab teorii umysłu. Ten przełomowy charakter miał cechować pojęcie podświadomości jako wyjaśniające procesy świadome. Nie mniej zadowoleni byli behawioryści, chlubiąc się

także dokonaniem zbawiennego dla nauki przewrotu: uznali, że coś takiego jak świadomość nie istnieje. A jeśli nawet, to badacz może ją spokojnie ignorować, jako że pojęcie to niczego do nauki nie wnosi, a nawet ją zaciemnia; tym zaś, co posuwałoby naprzód naukę miało być zredukowanie wszystkich zjawisk psychicznych do stosunku bodziec-reakcja.

Okazało się, że głębszy wgląd w możliwości poznawcze umysłu daje logika matematyczna, której od pewnego momentu towarzyszy informatyka. Ta zaś potrzebuje wsparcia ze strony fizyki, skoro moc obliczeniowa, czyli zdolność rozwiązywania problemów, zależy zarówno od efektywności algorytmów jak i od realizujących te algorytmy urządzeń fizycznych. Szczególnie ważne różnice fizyczne zachodzą między klasą urządzeń cyfrowych, reprezentowaną przez uniwersalną maszynę Turinga (UMT) i klasą urządzeń analogowych, której ważną reprezentacją są sieci neuronowe.

Alan Turing, dając w roku 1936/37 ścisłą definicję maszyny do obliczeń, położył fundament pod istotnie przełomową koncepcję umysłu.¹¹ Dała ona nawet impuls do nowej mody w psychologii zwanej (nie bardzo wiedząc czemu) *kognitywizmem*, który przeszedł do porządku dziennego nad manifestami psychoanalityków i behawiorystów. Pod tym szyldem od blisko pół wieku w psychologii, lingwistyce i naukach społecznych jest dobrze widziane utożsamienie umysłu z mózgiem, a mózgu z UMT.

Jeśli natomiast sięgniemy do oryginalnej koncepcji Turinga z roku 1936, wolnej od komentarzy kognitywistów, to jedno za drugim zaczną się pojawiać inspirujące pytania. Trzeba tylko wziąć słowo „maszyna” serio, a więc ze zrozumieniem, że maszyny należą do domeny fizyki, a definicja Turinga jest idealizacją, która od fizyki abstrahuje nie po to, by ją na zawsze ignorować, ale żeby móc dostrzec problemy, które się pojawiają, gdy przejdzie się do etapu konfrontacji tego obiektu idealnego z rzeczywistością fizyczną.

Nim je wymienimy, trzeba przypomnieć, jak ma się maszyna Turinga do ludzkiego umysłu. Pamiętajmy przede wszystkim, że w roku 1936 Turing nie projektował komputera cyfrowego, lecz analizował pewne działania umysłu. W jego tekście słowo „computer” oznacza rachmistrza, którym może być człowiek w roli matematyka, inżyniera, księgowego etc. – na tyle, na ile posługuje się algorytmami. To, że dostępny ludziom zbiór środków algorytmicznych pokrywa się z zaprogramowaniem uniwersalnej maszyny Turinga (UMT) jest to pogląd, który wszedł w obieg jako *Teza Churcha-Turinga*.

Wedle pewnej hipotezy biograficznej, ta myśl, że da się budować urządzenia fizyczne, które z powodzeniem wyręczą ludzi w rachowaniu dojrzała u Turinga w czasie wojny,

¹¹ A. M. Turing, *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*, „Proceedings of the London Mathematical Society”, Ser. 2, Vol. 42, 1937, ss. 230-65. Praca ta została przyjęta i recenzowana w roku 1936, natomiast jej publikacja nastąpiła w 1937. Ze względu na historyczne znaczenie faktu, że w tymże roku 1936 Alonzo Church i Emil Post, wszyscy niezależnie od siebie wzajem, uzyskali ten sam wynik, każdy dzięki własnej oryginalnej metodzie, wszędzie poza obecną informacją bibliograficzną wiążę ten wynik z rokiem 1936 – dla podkreślenia wspomnianej zbieżności, zasługującej na refleksję historyka nauki.

gdy w Bletchley Park zaskoczyła go skuteczność konstruowanych tam maszyn w deszyfrowaniu niebotycznie skomplikowanych kodów Enigmy. Co się tyczy Tezy Churcha-Turinga, jej sformułowanie podane wyżej jest tylko zgrubnym przybliżeniem na potrzeby obecnego kontekstu. W dokładniejszych ujęciach, teza ta ma różne alternatywne wersje poparte bogatą literaturą. Nazwisko Churcha w jej nazwie wskazuje na fakt, że Alonzo Church i Alan Turing doszli do tego poglądu niezależnie w tym samym czasie.

Teza Churcha-Turinga jest, zdaniem niektórych, kontrowersyjna. Czy nie podważa jej fakt, że istnieją maszyny analogowe o większej mocy obliczeniowej, czyli większej zdolności rozwiązywania problemów, niż UMT – wraz z faktem, że umysł ludzki pracuje w jakiejś mierze analogowo? Nie do końca mamy tu jasność, jak rozumieć moc obliczeniową. Jeśli rozumieć ją tak szeroko, że jest to zdolność znajdowania wartości funkcji, także funkcji nieobliczalnych (jak zarysowano wyżej w §3.3) to umysł ludzki, obliczając także analogowo, górowałby tym samym nad UMT zdaną wyłącznie na procedury cyfrowe.

Czy w takim sensie istotnie góruje? Tego nie wiemy na sposób posiadania dowodu na tak lub na nie, można natomiast żywić różne intuicje. Intuicja, której daję wyraz na tych stronach opowiada się za przewagą umysłu. Toteż jest to hipoteza, a nie udowodniony wynik, ale hipoteza, do której z różnych stron wiodą poszlaki. Wybitny fizyk brytyjski Roger Penrose lansuje hipotezę, że mózg góruje nad maszyną Turinga dzięki temu, że pewne jego czynności zachodzą na poziomie kwantowym, którego możliwości obliczeniowe są nieporównanie większe; do tego jednak poziomu jeszcze nie sięga nasza wiedza o mózgu. Czy przyniesie tu rozstrzygnięcie fizyka kwantowa, pozostaje kwestią otwartą. W każdym razie, takie dyskusje budzą świadomość, że informatyczny punkt widzenia splata się nierozdzielnie z fizycznym. W obecnej książce musimy nieco sztucznie je separować, gdyż potraktowanie ich obu we wzajemnych relacjach to temat na osobne dzieło. Jedyne, co można tu zrobić, to wskazać przykładowo, jak ten splot powstaje i jakie rodzi zagadki. Takie uświadomienie wyzwala umysł z ignorancji, wprowadzając go w stan uczonnej niewiedzy, który (jak wykazywano w Prologu) ujmy nie przynosi, a raczej przeciwnie.

4.2. Niezależnie od hipotez co do roli świata kwantowego, teoria obliczeń pozostaje w bliskim związku z fizyką. Bierze się to z definicji maszyny Turinga, mianowicie z tego, że ma ona charakter idealizacji. Ten typ definicji operujący założeniami kontrfaktycznymi, stosowany zarówno w naukach przyrodniczych, jak i społecznych, ma walory eksperymentu myślowego zawartego w pytaniu: co by było, gdyby to a to, co niemożliwe, stało się możliwym? Pomimo miana idealizacji, jest to sposób na dojście do myślenia na wskroś realistycznego. Naprowadza bowiem na pytanie: jak trzeba by naszą definicję przekształcić, a zarazem jak zmienić realny świat, żeby nastąpiło jej spotkanie z tym światem? To znaczy, żeby pewne pożądane cechy obiektu idealnego mogły się w określonym stopniu urzeczywistnić w świecie fizycznym.

Uniwersalna maszyna Turinga jako obiekt abstrakcyjny idealizuje proces obliczeniowy na trzy sposoby, które ją wyprowadzają poza rzeczywistość fi-

zyczną. Dzieje się to za sprawą następujących założeń: (1) maszyna dysponuje nieskończoną pamięcią, (2) dysponuje nieograniczonym czasem, (3) pracuje bez zasilania energią. Jeśliby takie jestestwo mogło rzeczywiście zaistnieć, to miałyby niemalże cechy wszechwiedzy i wszechmocy przypisywane przez wierzenia religijne Bogu. Wszechmocy w tym sensie, że dysponując surowcem, jakim jest materia wypełniająca wszechświat, byt taki mógłby wytworzyć dowolny produkt, stosując odpowiednie programy przetwarzania surowca (programy pełniłyby niejako funkcję recept, których szukali dawni alchemicy).

Słowo „niemalże”, zapobiegające zrównaniu abstrakcyjnej maszyny Turinga z bytem absolutnym na modłę religii, tym się tłumaczy, że istnieją – jak to sam Turing udowodnił – zagadnienia matematyczne nierozwiązywalne dla maszyny: nie potrafi ona znajdować wartości funkcji nieobliczalnych. Istnieją więc dla niej problemy nierozstrzygalne w abstrakcyjnym świecie matematyki. To jednak nie przesądza o jej możliwościach obliczeniowych, gdy idzie o rozwiązywanie problemów dotyczących świata fizycznego. Istota zagadnienia jest w tym, czy w rzeczywistości fizycznej istnieją zależności o charakterze funkcji nieobliczalnych. Jeśli takich nie ma, to nieporadność maszyny wobec takich funkcji nie umniejsza jej zdolności poznawania i wytwarzania z zadaną dokładnością dowolnego środowiska fizycznego. Czy coś w tej materii wiemy? Owszem, są już pewne dające do myślenia wyniki, o czym będzie mowa niżej (cytat z Dysona). Tak więc, rozwiązanie zagadki, czy UMT wszystko może wiedzieć i działać w rzeczywistości fizycznej znajduje się w gestii fizyki; tylko ona ma szansę zdobyć klucz do odpowiedzi.

W każdym z trzech wspomnianych wymiarów dystans między idealną maszyną abstrakcyjną i realnymi maszynami fizycznymi można zmniejszać, o czym świadczy ewolucja komputerów w kierunku coraz pojemniejszych pamięci, coraz szybszych procesorów i coraz mniejszego zużycia energii. Powstają jednak pytania, jak daleko, jak szybko, na miarę jak wielkich zadań i za jaką cenę może się rozwijać ów proces wzrostu mocy obliczeniowej. Każde z takich pytań – to zagadka, na którą nie mamy dziś odpowiedzi. Zagadka dotycząca maszyny, lecz także ludzkiego umysłu, ponieważ maszyna, jak każde narzędzie, powiększa możliwości jej twórcy. Ponadto, nasze mózgi, wiedza i metody rozwiązywania problemów, a więc nasze umysły, też podlegają ewolucji w kierunku coraz większej mocy obliczeniowej. Tak się wciąż dzieje w historii naszego gatunku i zapewne dzieć się będzie nadal. Gdzie są granice tych procesów wzrostu? Czy są to granice nieprzekraczalne dla technologii, czy ewentualnie możliwe do pokonania przez jakieś przyszłe technologie?

Wszystko to są pytania pod adresem fizyki. Nabierają one szczególnego dramatyizmu, gdy zaczynamy przymierzać prognozy wzrostu mocy obliczeniowych do tytanicznych wyzwań, jakie będzie stawiać przed ludzkością dalsza ewolucja wszechświata, która wedle znanych nam scenariuszy kosmologicznych nie zapowiada się szczególnie pomyślnie. Jak będziemy sobie radzić z przeludnieniem planety? Jak z ewentualnym zagrożeniem przez kolizję z asteroidem? Jak będziemy mogli reagować na drastyczne ubytki energii skutkiem stygnięcia słońca? I ogólniej – na skutki oziębiania się całego wszechświata?

A także, co brzmi jak najbardziej fikcyjne pomysły w *science fiction*, lecz nie jest obce rozważaniom kosmologów: czy jest szansa na skolonizowanie przez istoty inteligentne całego wszechświata (np. w myśl pewnego projektu Johna von Neumanna)? Czy jest szansa na uratowanie cywilizacji przed fizycznym końcem wszechświata drogą jakiejś „przeprowadzki” do innego wszechświata, mającego przed sobą długą perspektywę istnienia? Zagadka powstaje za zagadką, a szukanie odpowiedzi jest wspólnym zdaniem fizyki oraz teorii obliczeń jako działu informatyki. Tej drugiej dlatego, że trzeba porachować, jakie moce obliczeniowe byłyby niezbędne do takich jak wymienione poczyną inżynierii kosmicznej. Czy umysł ludzki byłby zdolny do budowania tak zawrotnie złożonych modeli matematycznych oraz algorytmów o tak wielkiej mocy obliczeniowej? To pytanie to jeden z istotnych komponentów światopoglądu informatycznego, a w szczególności zagadki umysłu.

Co się tyczy perspektyw wzrostu mocy obliczeniowej, to teoretycznie rzecz biorąc, są one od strony oprogramowania tak nieograniczone jak nieograniczone są perspektywy rozwoju matematyki zakreślone przez Gödla (Desej 19). Ale jak dalece może umysł praktycznie za nimi nadążyć, tego dziś nie da się przewidzieć.

Co się tyczy rozwoju „sprzętu” (gdzie objąć tym terminem również organizmy), to ostatnie słowo należy do fizyki i jej przedłużenia przez biologię (np. w kwestii mocy obliczeniowej DNA). Co zrobimy, gdy dotrzemy do ostatecznych granic miniaturyzacji układów scalonych? Na przykład, gdy od dalszego upychania i ściskania zaczną pękać powłoki atomów? A jak pokonamy barierę prędkości sygnałów limitowaną przez prędkość światła, jeśli byśmy w poszukiwaniu gigantycznych mocy obliczeniowych zaczęli wykorzystywać w roli komputerów układy ciał w przestrzeni kosmicznej? I skąd brać wtedy energie niezbędne do zasilania tak tytanicznych procesów obliczeniowych?

4.3. Pytania można mnożyć, ale jest w tym sens tylko wtedy, gdy rysują się jakieś szanse odpowiedzi, na które byłoby stać umysł ludzki. Istotnie uprawia się takie spekulatywne, ale nie absurdalne, dociekania. Freeman Dyson np. kreślił projekt, jak mogłaby kiedyś nasza cywilizacja reagować na stygnięcie słońca, a nawet na fazę następną i jeszcze groźniejszą – stygnięcie całego kosmosu. Ten drugi wątek jest dla obecnych rozważań interesujący z dwóch powodów. Dyson argumentuje, że większą zdolność do istnienia w warunkach tak ekstremalnych, jakie będą w stygnącym kosmosie, ma życie funkcjonujące analogowo niż życie sterowane przez algorytmy cyfrowe. Jego argumentację stanowi zawrotny ciąg obliczeń wymagający niezwyklej biegłości w fizyce, nie ma więc co próbować wchodzenia w jej treść. Ale przy tej sposobności pojawiły się sformułowania wielce dla tych wywodów przydatne. Znajdujemy je w artykule *Is Life Analog or Digital*, 2001.¹²

¹² Zob. www.edge.org/3rd_culture/dyson_ad/dyson_ad_index.html na stronach fundacji „Edge – The Third Culture”, budującej mosty między kulturą nauk ścisłych i humanistyczną na rzecz kształtowania się „trzeciej kultury” na styku (Edge) tamtych dwu. Terminy te nawiązują do znanej książki C. P. Snow’a *The Two Cultures*, 1959, 1963. Dane o Edge – pod adresem:

Cytuję zeń akapit w postaci dokonanego ad hoc przekładu, co następnie dokumentuję tekstem oryginalnym; w obu wyróżniam kursywą fragment, który będzie następnie komentowany. Można zauważyć, nie bez satysfakcji, że w pierwszym zdaniu Dysona mowa jest również o czytelnikach tej książki jako dobrze obznajomionych – po lekturze eseju 10 – z matematyczną teorią liczb i funkcji obliczalnych.

„Wyższość życia analogowego nie jest tak bardzo zaskakująca jeśli ktoś jest obznajomiony z matematyczną teorią liczb obliczalnych i funkcji obliczalnych. Marian Pour-El i Ian Richards, matematycy z Uniwersytetu Minnesota, udowodnili twierdzenie, które z matematyczną precyzją powiada, że *komputery analogowe mają większą moc obliczeniową niż cyfrowe. Dają oni przykłady liczb, o których udowodniono, że są nieobliczalne dla komputerów cyfrowych, lecz obliczalne dla pewnego rodzaju prostego komputera analogowego.* Istotna różnica między komputerami analogowymi i cyfrowymi polega na tym, że komputer analogowy operuje wprost na zmiennych ciągłych, podczas gdy cyfrowy tylko na dyskretnych. Nasze współczesne komputery cyfrowe operują tylko na zerach i jedynkach. Tymczasem, komputer analogowy opisany przez wspomnianych autorów jest to klasyczne pole rozchodzące się w czasie i przestrzeni, określone liniowym równaniem falowym. Zadanie to może być wykonane przez klasyczne pole elektromagnetyczne zachowujące się według równań Maxwella. Pour-El i Richards pokazują, że w pewnym punkcie pole to może być skupione w taki sposób, że jego siła w tym punkcie nie jest obliczalna dla jakiegokolwiek komputera cyfrowego, może natomiast być zmierzona przez proste urządzenie analogowe.”

The superiority of analog-life is not so surprising if you are familiar with the mathematical theory of computable numbers and computable functions. Marian Pour-El and Ian Richards, two mathematicians at the University of Minnesota, proved a theorem twenty years ago that says, in a mathematically precise way, that *analog computers are more powerful than digital computers. They give examples of numbers that are proved to be non-computable with digital computers but are computable with a simple kind of analog computer.* The essential difference between analog and digital computers is that an analog computer deals directly with continuous variables while a digital computer deals only with discrete variables. Our modern digital computers deal only with zeroes and ones. Their analog computer is a classical field propagating through space and time and obeying a linear wave equation. The classical electromagnetic field obeying the Maxwell equations would do the job. Pour-El and Richards show that the field can be focussed on a point in such a way that the strength of the field at that point is not computable by any digital computer, but it can be measured by a simple analog device.

Podaję ten tekst w wersji oryginalnej i w tłumaczeniu, żeby czytelnik mógł w obu zauważyć paralelne trudności z używaniem „obliczalny” i „nieobliczalny” oraz „computable” i „non-computable”. Jeśli przyjąć, że termin „obliczalne”

www.edge.org/about_edge.html. Nie wymieniam tu licznych pozycji podających wyniki, które uzyskali cytowani przez Dysona Pour-El i Richard; można je znaleźć przez Google’a wpisując łącznie oba nazwiska.

jest w tym kontekście jednoznaczny, to doszłoby się do sprzeczności, że pewna liczba jest zarazem obliczalna i nieobliczalna. Oczywiście, kontekst podpowiada, że nie może tu być jednoznaczności, ale jest to wyrażone w sposób jedynie domyślny. Terminy ukute w §3 pozwalają opisać tę sytuację jednoznacznie i wyraźnie: mamy tu do czynienia z twierdzeniem, że pewna liczba jest nt-obliczalna, nie jest natomiast t-obliczalna. To pozwala przypisać jej obliczalność, ale tylko określonego rodzaju. Wniosek ten jest doskonale zgodny z myślą przewodnią eseju 18, którego mottem jest sentencja z Księgi Mądrości, że „wszystko zostało stworzone pod liczbą”. A jest to również myśl przewodnia światopoglądu informatycznego.

§5. Przegląd pojęć i zagadnień tej części książki

5.1. Zagadnienia światopoglądowe ery informatycznej koncentrują się wokół problemu: jak daleko sięga potencjalnie zdolność rozwiązywania problemów przez komputer cyfrowy, a jak daleko zdolność cechująca umysł ludzki? Czy zakresy te są identyczne? Jako założenie robocze, to znaczy przydatne w dyskusowaniu podejmowanych kwestii, choć nie koniecznie bezdyskusyjne, przyjmuję tu pogląd, że każde rozwiązywanie problemu dokonuje się drogą jakiegoś rodzaju obliczeń – w myśl Df[obl] w §3.3.

I tak, na przykład, pytanie o przyczynę zjawiska Z zakłada, że zachodzi różne od Z zjawisko X oraz istnieje funkcja przyporządkowująca X-owi zjawisko Z jako wartość funkcji; w tym przypadku określamy ową wartość mianem skutku. Znajdowanie wartości funkcji to nic innego, jak obliczanie, a funkcje tego rodzaju określamy mianem praw, mianowicie praw przyrody, umysłu, społeczeństwa. Inny przykład to pytanie o wielkość czegoś. Odpowiadamy na nie pomiarem lub jakimś procesem obliczeniowym. Taka metoda odpowiedzi, bezsporna w odniesieniu do stanów fizycznych, może się komuś zdać niestosowna, gdy idzie o stany duszy. Czyż nie przestrzega nas poeta, sam Adam Mickiewicz, „cyrkla, wagi i miary do martwych użyj brył”? A jednak inny poeta, Julian Tuwim, potrafił sobie obliczania takie wyobrazić. Ten niezrównany mistrz słowa i żartu umiał bawić się także językiem matematycznym. Zostawił nam pewną strofkę, która współdźwięczy z przeświadczeniem Leibniza, że stany duszy byłyby obliczalne dla bytu dysponującego nieskończoną mocą obliczeniową. Byt taki dysponowałby np. wzorem dla obliczenia siły uniesień miłosnych; żart jest u Tuwima w tym, że taką moc obliczeniową przypisuje sobie pewien amant, a nie w tym, że jakiś wzór na obliczanie obiektywnie istnieje. Oto owa zwrotka.¹³

¹³ Trafiała ona do obecnego tekstu dzięki temu, że autor formatu do składu T_EXem Jarosław Sokołowski przy okazji formatowania włączał się w tematy ciekawe dlań jako dla informatyka i podpowiadał celne asocjacje. Jedną z nich jest skojarzenie z tym osobliwie rymowanym żartem Tuwima z rubryki „Cicer cum Caule” prowadzonej niegdyś przez niego w periodyku „Problemy”.

Dlaczego pani sobie ze mnie kpi,
 Cierpieniom moim niech nadejdzie kres,
 Siła mojej miłości równa się P
 Pomnożone przez $\sqrt{\frac{2(P + Q)(l^2 + a^2) + Gy^2}{g(2(P + Q)a + Cs)}}$

Zdolność rozwiązywania problemów utożsamia się nieraz z *inteligencją*, co nadaje temu pojęciu zakres szerszy niż ma ono w mowie potocznej.¹⁴ W mowie potocznej nie komplementujemy za inteligencję dżdżownic, pierwotniaków czy bakterii, choć te jestestwa rozwiązują całkiem skutecznie swoje problemy życiowe. Nie ma jednak potrzeby takiej adaptacji pojęcia inteligencji, gdy się posłużyć powyższym założeniem roboczym. Mając je na uwadze, można zdolność rozwiązywania problemów określić mianem *mocy obliczeniowej*, co też czynię w obecnych rozważaniach, poświęciwszy temu wyżej dość obszerny ustęp §3.3 i okolicznie.

Otwiera to bramę do szerszego rozumienia terminu „obliczać” niż to, które utożsamia obliczanie z jednym jego rodzajem, mianowicie z procedurą algorytmiczną i cyfrową. Gdy obejmujemy tym terminem m.in. analogowe procesy przetwarzania informacji służące rozwiązywaniu problemów, znacząco rozszerzamy zakres pojęcia obliczania: nie odmawiamy go wtedy istotom, które nigdy nie miały w swych kończynach ołówka do kreślenia na papierze ciągów cyfr oraz ich przetwarzania pod dyktando algorytmu. Wtedy możemy śmiało mówić, bez popadania w wieloznaczność, na przykład coś takiego, że ktoś wpadł w rów, ponieważ źle obliczył niezbędną do tego siłę skoku, albo że przeliczył się z siłami. Nie będzie też przesadą powiedzenie czegoś podobnego o aktywności zmysłowej i ruchowej wszystkiego, co biega, lata, lub pływa.

Pytanie o zasięg mocy obliczeniowej maszyn i umysłów ma charakter głęboko światopoglądowy, żywo debatowany przez filozofów co najmniej od XVII wieku. Jest to wiek, w którym kultura materialna jest nasycona obecnością prostych automatów, jak kolosalne pozytywki, ruchome scenki na wieżach ratuszy, „Wasserspiele” w pałacowych ogrodach. Powstają też wtedy dwie pierwsze konstrukcje kalkulatorów (Pascala i Leibniza), a w nauce zaczyna święcić triumfy mechanycyzm kuszący pytaniem: skoro prawa mechaniczne tak wiele wyjaśniają w fizyce, to czy nie mają też zastosowania do organizmów (serce jako pompa w ujęciu Harveya), a nawet do umysłów i do społeczeństw? Wypowiadali się w tej materii koryfeusze ówczesnego racjonalizmu, jak Descartes, Pascal i Leibniz, a choć zaangażowało się w tę kwestię niemało wybitnych umysłów i choć o tyle więcej wiemy dziś niż wtedy o maszynach i umysłach, sprawa pozostaje otwarta i zagadkowa. Dlatego

¹⁴ Tak określam inteligencję w książeczce „Sztuczna inteligencja” wydanej nakładem „Znaku”, Kraków 1998, w serii „Krótko i węzłowato”; zob. np. s. 9. Może to wystarczać w konwencji „węzłowatej” popularyzacji, ale charakter obecnego studium wymaga innego podejścia.

autorzy tej książki dali jej podtytuł „O zagadce umysłu z informatycznego punktu widzenia”. Nie obiecuje on rozwiązania zagadki, ale jakiś przyczynek, który polega na skompletowaniu pewnego zbioru przesłanek przybliżających do rozwiązania, a czerpanych z szeroko pojętej informatyki.

W części pierwszej czyni się to na sposób inżynierski, próbując interpretować współczesne techniki informatyczne, np. neuropodobne, jako cenny punkt wyjścia do modelowania umysłu lub do sztucznej jego realizacji (pytające tytuły esejów mają uwypuklić fakt, że są to po dziś dzień kwestie otwarte, mają też pobudzić Czytelnika do samodzielnych przemyśleń i dociekań). Część druga skupia się na porównywaniu umysłów i maszyn co do podobieństw oraz odmienności ich natury, zasięgu i funkcjonowania.

Praktyka producentów, czy to sprzętu czy oprogramowania, jak i praktyka użytkowników, prowadzi do przekonania o wzmagającej się mocy obliczeniowej komputerów cyfrowych. Może ona zdać się potencjalnie bez granic. Doświadczają tego szczególnie ci sędziwi użytkownicy, którzy pierwszą znajomość z komputerem zawarli gdzieś przed pół wiekiem. Komuś, kto pracował z polską „Odrą” czy radzieckim „Girem”, w najbardziej szalonych wyobrażeniach nie mogło przyjść do głowy, że powstaną komputery na biurko i na kolana (zamiast szaf wypełniających całe piętra), że komputer będzie służył do korespondencji, produkował druk najwyższej jakości (wtedy pisało się teksty dziurkami na taśmach), odbierał i nadawał filmy, da dostęp do księgozbioru większego niż Biblioteka Kongresu etc. etc. Skoro kiedyś zawiodła nas wyobraźnia – tak sobie myślimy – nie dajmy się zwieść znowu i nie stawiamy ograniczeń zaufaniu do wciąż i wciąż rosnącej mocy maszyn cyfrowych, może aż po dorównanie szczytom ludzkiego geniuszu.

Zaawansowani praktycy, w tym producenci sprzętu, zdają sobie sprawę, że miniaturyzacja układów scalonych, stanowiąca źródło tych zawrotnych sukcesów, nie może posuwać się w nieskończoność, istnieją bowiem nieprzekraczalne granice fizyczne w zagęszczaniu atomów i szybkości przekazu (prędkość światła). Na to jednak znajduje się argument, że gdy wyczerpią się możliwości obecnej techniki, powstanie nowa (świtająca już na horyzoncie), jak kwantowa czy biologiczna. Czy słuszne jest ekstrapolować takie optymistyczne doświadczenia bez ograniczeń? Na tę sprawę może rzucić światło tylko refleksja teoretyczna, i tej jest poświęcona obecna część książki.

5.2. Zaczyna się ona w następnym eseju od wprowadzenia historycznego pt. „Rzut oka na rozwój informatyki od Pascala do Turinga i von Neumanna”. Obejmuje ono zarówno osiągnięcia techniczne, poczynając od arytmometrów Pascala i Leibniza, po pierwsze komputery z lat czterdziestych ubiegłego wieku, jak i rozważania nad zasięgiem mocy obliczeniowej pochodzące od Alana Turinga i Johna von Neumanna.

Rys historyczny jest kontynuowany w eseju 13 „Rzut oka na rozwój informatyki: Zagadka Sztucznej Inteligencji (SI)”, tym razem koncentrując się na rozważaniach o typach inteligencji i możliwości ich symulowania przez maszyny. Po omówieniu wnikliwych obserwacji Pascala i podejścia von Neu-

man, zarys ten sygnalizuje dorobek współczesnych pionierów sztucznej inteligencji, gdy idzie o osiągnięcia w sferze rozumowań potocznych, które swą różnorodnością i złożonością dalece wykraczają poza zbiór reguł rozumowania kodyfikowany w logice symbolicznej.

Esej 14 swym tytułem „Informatyka ogólna – teoria przetwarzania informacji” zapowiada, że stosowane w tych esejach pojęcie informatyki dotyczy nie tylko przetwarzania informacji przez maszyny cyfrowe, co się rozumie pod nazwą „Informatyka” np. w programach studiów. Ma ono objąć wszelkie procesy przetwarzania informacji, także te zachodzące w organizmach, umysłach i strukturach społecznych, zarówno cyfrowe jak i analogowe. Dla uniknięcia nieporozumień proponuje się dyscyplinę o tak szerokim zakresie określać mianem *informatyki ogólnej*, w odróżnieniu od tej wyspecjalizowanej w procesach i urządzeniach cyfrowych. Co nie znaczy, że pedantycznie się w dalszych tekstach przestrzega stosowania tej przydawki. Rozumie się, że jest ona – na mocy podjętych w tym eseju ustaleń – domyślna w każdym kontekście.

Tak pojęta informatyka ogólna jest dyscypliną obejmującą zakresem to wszystko, co się składa na treść świadomości informatycznej będącej przedmiotem eseju 15 „Na czym polega świadomość informatyczna”. Buduje się ona na przekonaniu, że informacja jest czymś równie rzeczywistym, jak materia i energia. W sferze praktycznej owocuje to docenianiem roli informacji dla całokształtu naszego życia. Przejawia się zaś w umiejętnościach pomnażania informacji i posługiwania się nią, także w postaci obliczeń, dla różnorodnych celów; również tak dalekosiężnych jak budowanie potęgi państwa (wzorcem w tym względzie jest Karol Wielki jako skuteczny promotor nauki i oświaty). Nie zakłada świadomość informatyczna wiedzy o komputerach, a gdy zostanie uzupełniona o tę wiedzę i jej fundament teoretyczny (logika, matematyka, filozofia) przechodzi w fazę światopoglądu informatycznego. Jego zarys daje pięć esejów składających się na drugą połowę tej części książki.

Esej 16 „Światopogląd informatyczny czyli informatyzm” nawiązuje do pojmowania światopoglądu jako wszechstronnego oglądu rzeczywistości, w którym przekonania o naturze świata wiążą się z określonym systemem wartości, niezbędnym do kierowania naszymi działaniami. W światopoglądzie informatycznym mamy m.in. przekonanie o obiektywnym istnieniu informacji wraz z sądem wartościującym, że jest to dobro, o które warto zabiegać i które się ludziom należy. Mając na uwadze, że realność informacji jest kwestionowana przez pewne szkoły filozoficzne, poświęca się im sporo uwagi, żeby czytelnik mógł w tej materii urobić sobie własny pogląd.

5.3. Poczynając od eseju 17, w roli pierwszoplanowej jako fundament światopoglądu informatycznego występują pojęcia kodu i mocy obliczeniowej. Jaką rolę spełnia i jaką ma doniosłość kod cyfrowy, w szczególności binarny, a jaką kod analogowy? Na czym polega ich dopełnianie się i współdziałanie w tworzeniu mocy obliczeniowej i przetwarzaniu informacji przez organizmy, umysły i struktury społeczne? Traktują o tym eseje 17 „Jak umysł rozma-

wia ze światem w kodzie binarnym” oraz 18 „Moc obliczeniowa a cyfrowo-analogowy dualizm”.

Esej 19 „Dynamika umysłu w perspektywie gödłowskiej” dotyczy fundamentalnego wyniku którym jest udowodnione przez Kurta Gödla (1931) następujące twierdzenie.

§ W każdej fazie rozwijania arytmetyki liczb naturalnych muszą – przy
§ założeniu, że jej aksjomaty nie są sprzeczne – istnieć w niej zagadnienia,
§ które nie są rozstrzygalne algorytmicznie.

Stąd wniosek, że nie są one rozstrzygalne dla komputera cyfrowego, jako że pracuje on wyłącznie na modłę algorytmiczną. Nie znaczy to jednak, że mają one pozostać nierozstrzygnięte na zawsze. Intuicja intelektualna oraz pomysłowość uczonego są tym, dzięki czemu mogą powstawać nowe algorytmy, które na tyle wzmocnią system informatyczny, że problemy w poprzedniej fazie nierozstrzygalne staną się możliwe do rozstrzygnięcia w sposób algorytmiczny. W nowym systemie powstaną nowe problemy nierozstrzygalne, ale znów jest szansa na pokonanie trudności dzięki twórczej intuicji. Okazuje się więc, że proces poznawania świata matematycznego z udziałem maszyn nigdy nie zamknięty w sensie posiadania ostatecznych wyników, ale nigdy też nie jest zamknięty w sensie niemożności dalszego rozwoju. Możliwy jest rozwój w nieskończoność, co w tytule eseju oddaje zwrot „dynamika umysłu”, jako że motorem tego rozwoju jest twórczy umysł ludzki. To zdaje się być niebagatelny wniosek światopoglądowym.

Rozważania o światopoglądzie ery informatycznej zamyka esej 20, „Informatyczny sposób myślenia o zagadnieniach społecznych”, dopełniając je problematyką społeczną rozpatrywaną z informatycznego punktu widzenia. Dla sporej części czytelników może to być niespodzianką, bo informatycy raczej się nie zapuszczają w rejony zagadnień społecznych, a badacze tych drugich nie często bywają w progach informatyki. Znaleźli się jednak socjologowie i ekonomiści, wśród najwybitniejszych, jakich wydał wiek miniony, którzy przenikliwie dostrzegli rdzeń informatyczny w tkance procesów społecznych (i to wcześniej niż nastąpiła wiedza o komputerach), wysuwając postulat obliczalności (pojętej szeroko, w myśl Df[obl] w §3.3) pod adresem działań ekonomicznych i politycznych. Niektórzy z nich przewidzieli na tej podstawie upadek totalitaryzmu komunistycznego jako skazanego na klęskę przez brak niezbędnej do trwania i rozwoju mocy obliczeniowej; co też się stało, okazując się sukcesem świata, w którym wolność i moc obliczeniowa pozostają w ożywczej interakcji. Powinna w tym być zachęta do rozwijania światopoglądu informatycznego. Daje on nie tylko frapujący obraz świata i umysłu. Uzdalnia też cywilizację informatyczną do wychylenia w pasjonującą przyszłość.

