WITOLD MARCISZEWSKI

Co sądziłby Leibniz o sztucznej inteligencji gdyby znał Cantora i Turinga

1. Czy Leibniz był skrajnym algorytmistą?

Esej ten mógłby nosić tytuł *Opowieść o dwóch Leibnizach*, z których jeden zajmował stanowisko zwane dziś w literaturze *strong AI*, drugi zaś stanowisko względem tego opozycyjne.[1]

Terminy *strong AI* i *weak AI* są niezdarne już w angielskim, a tym bardziej w dosłownym przekładzie na polski. Potrzebujemy jednak pojęć, które próbuje się nimi wyrazić. Żeby dobrać dla potrzeb polskiej terminologii słowa, które bedą coś mówić na temat treści wchodzących w grę pojęć, proponuję jako nazwę dla wyznawców *strong AI* termin **algorytmiści**. Niech oznacza on rzeczników poglądu, że *klasa problemów stojących przez nauką i rozwiązywalnych metodami naukowymi pokrywa się z klasą problemów rozstrzygalnych algorytmicznie czyli rozwiązywalnych dla maszyny Turinga*. Czołowym algorytmistą jest Alan Turing w artykule z roku 1950 (nie koniecznie jednak we wcześniejszych pracach).

Przeciwników algorytmizmu można określić mianem **umiarkowanych intuicjonistów**. Potrzebny jest tu przymiotnik w rodzaju „umiarkowani”, gdyż autorzy, których tak byśmy nazwali nie negują kolosalnej roli procedur algorytmicznych, a jedynie negują ich wyłączność. W tym kontekście termin „intuicja” oznacza tyle, co rodzaj poznania w pełni wiarogodny, lecz nie czerpiący tej wiarogodności z procedur algorytmicznych. W tym sensie, zawdzięczamy intuicji, na przykład, przyjęcie aksjomatów arytmetyki, gdyż nie dokonuje się ono za sprawą jakiegokolwiek algorytmu, jest natomiast konieczne do tego, żeby na podstawie aksjomatów mogły powstawać algorytmy.

[1] NOTA BIBLIOGRAFICZNA. Opozycja ta występuje w dwóch aspektach. W obecnym artykule skończoność algorytmu zestawia się z nieskończoną złożonością problemów nie poddających się traktowaniu algorytmicznemu, z którymi umysł miałby do czynienia, jeśli słuszna byłaby leibnizjańska wizja niekończonej złożoności ciał. Inny aspekt oddaje opozycja między poglądem, że zdolność do rozwiązywania problemów zależy tylko od dostarczonego programu (*software*) a poglądem, że liczy się także fizyczne tworzywo (*hardware*), z którego zbudowane jest dane urządzenie, w szczególności, czy jest to tworzywo organiczne czy nieorganiczne. Za nieistotnością tworzywa opowiadał się Turing, za drugim z poglądów von Neumann. Oba poglądy znaleźć można u Leibniza, w zależności od kontekstu. Ta druga opozycja „dwóch Leibnizów” była przedmiotem moich wcześniejszych dwóch publikacji: „Hätte Leibniz von Neumanns logischen Physikalismus geteilt?”, *Beiträge zur Geschichte der Sprachwissenschaft*, 6.2, 1996 (odczyt w Leibniz Gesellschaft, czerwiec 1995, pod tymże tytułem); „Leibniz’s Two Legacies. Their Implications for Knowledge Engineering”, *Knowledge Organization*, vol. 23, 1966, No. 2.

> Inny przykład intuicji, który stał się koronnym, to tzw. zdanie gödlowskie (Gödel 1931) mianowicie zdanie, które mówi o sobie samym, że nie jest ono dowodliwe w systemie sformalizowanym arytmetyki liczb naturalnych (dowodliwość w systemie sformalizowanym to pewien rodzaj algorytmiczności). Prawdziwość tego zdania jest oczywista bez uciekania się do algorytmu, bo gdyby było fałszywe, a więc zarazem i dowodliwe, to w arytmetyce dałoby się dowieść zdanie fałszywe, co by implikowało, że arytmetyka jest wewnętrznie sprzeczna.

Jeśli z tak destrukcyjnym wnioskiem nie chcemy się pogodzić, trzeba pogodzić się z tym, że istnieją prawdy nie dające się uzyskać algorytmem, a więc uzyskiwane intuicyjnie. To jest stanowisko umiarkowanych intuicjonistów.[2]

Problem tego eseju da się teraz sformułować krótko: czy Leibniz był algorytmistą, czy umiarkowanym intuicjonistą? Odpowiedź zaś da się wyrazić jeszcze krócej: był jednym i drugim. Z tego się rodzi pytanie nastepne: jak to możliwe? Tu odpowiedź nie będzie już tak krótka. Zawiera się ona w pozostałej części tego tekstu. W toku szukania odpowiedzi zarysuje się jeszcze jedno pytanie i odpowiedź: w którą stronę by się przechyliły poglądy Leibniza, gdyby znał współczesną teorię mnogości zainicjowaną przez Cantora oraz precyzyjne pojęcie algorytmu pochodzące od Turinga (1936). Na to rysuje się odpowiedź, że teoria mnogości dostarczyłaby Leibnizowi większej jasności pojęciowej w jego infintystycznej metafizyce, a tak wzmocniona wizja metafizyczna prowadziłaby go w stronę umiarkowanego intuicjonizmu.

2. Leibniz jako inżynier wiedzy a kwestia SI

2.1. Leibniz był zamiłowanym i kompetentnym inżynierem mechanikiem; projektował np. i dozorował w górach Harzu budowanie urządzeń do pompowania wody z kopalń. W roli mechanika był, oczywiście, jednym z wielu, natomiast unikalną rolę odegrał w historii myśli jako inżynier wiedzy. Termin „inżynieria” jest tu na miejscu, gdyż stosuje się on nie tylko do konstrukcji ze sfery *hardware* lecz także do tych ze sfery *software* (istotnie, mamy dziś termin techniczny „inżynieria oprogramowania”).

Stosowanie terminów „inżynieria” czy „maszyna” poza sferą mechaniki nie jest metaforą. Ma ono dobre podstawy teoretyczne. Maszyna jest tym, czego stosowanie daje pewność wykonania stawianych jej zadań, przy czym ciąg operacji prowadzących do wykonania jest skończony oraz dokładnie opisany w terminach własności czysto fizycznych (tym maszyna różni się od organizmu czy od podmiotu zwanego umysłem). Te same warunki co maszyna, tyle że w sferze zadań umysłowych spełnia **algorytm**.

Umysłowy charakter zadania nie kłóci się z tym, że realizacja zadania jest opisana w terminach fizycznych, odwołując się np. do takich cech jak kształt i pozycja w przestrzeni. Tak dzieje się np. w tej najszerzej zapewne znanej postaci algorytmów, jakimi są przepisy dotyczące mechanicznego wykonywania działań arytmetycznych (rachowania „w słupkach”), odwołujące się wyłącznie do kształtu i położenia symboli cyfrowych; stąd, ów sposób rachowania słusznie nazywamy mechanicznym także w potocznym sensie tego przymiotnika.

[2] Po takim przedstawieniu umiarkowanego intucjonizmu, jako respektującego powszechnie uznane fakty, może nasunąć się pytanie, czy algorytmizm nie znajduje się na pozycjach przegranych, a jeśli tak, to czemu wśród jego rzeczników są autorzy tak wybitni jak Alan Turing. Część odpowiedzi jest w tym, że algortmizm można wesprzeć pewną hipotezą ad hoc, mianowicie, że procesy intuicyjne są też algorytmiczne, mianowicie dokonują się wedle algorytmów zapisanych w języku systemu nerwowego (nie wyczerpuje to całości problemu, ale ukazuje kierunek dyskusji).

Jest więc algorytm maszyną do obróbki obiektów fizycznych, a dzięki ich jednoznacznemu przyporządkowaniu do obiektów abstrakcyjnych, jak przyporządkowanie ciągów cyfrowych do liczb, z rezultatu obróbki fizycznej można jednoznacznie odczytać informację dotyczącą obiektów abstrakcyjnych. Inżynieria wiedzy dotyczy konstruowania opartych na tej zasadzie algorytmów.

Inżynier mechanik może tworzyć swe konstrukcje korzystając tylko z fizyki, ale inżynieria wiedzy nie może ograniczyć się do właściwej sobie sfery algorytmicznej. Ona również musi liczyć się z fizyką, żeby przyporządkowanie obiektów fizycznych do abstrakcyjnych mogło owocować należycie sprawną obróbką tych pierwszych, to znaczy radziło sobie z wysokim stopniem złożoności, dokonywało się należycie szybko itd.

2.2. Leibniz jako inżynier wiedzy odniósł na jednym polu wielki sukces, którego jednak w owych czasach nie dało się technicznie zrealizować. Na innym zaś polu poniósł porażkę, z której nie zdawał sobie sprawy i wyobrażał sobie, że w niezbyt odległym czasie technika sprosta wymogom realizacji jego konstrukcji z zakresu inżynierii wiedzy. Wielkim sukcesem była binarna notacja arytmetyczna; ale z jej zastosowaniem technicznym na wielką skalę trzeba było poczekać do czasu odkrycia elektryczności.

Porażką była koncepcja rozumowania jako dającego się bez reszty sprowadzić do prostej algebry, której zaczątki sam stworzył; przypominały one późniejszą algebrę Boole'a (na Boole'u zrobiło kolosalne wrażenie, gdy się o tej antycypacji przez Leibniza dowiedział). Tak prosta struktura w sferze wiedzy nie wydawała się wymagać wiele od mającej ją realizować techniki. Nie znajdujemy u Leibniza poglądu, że dopiero jakaś przyszła rewolucja naukowa stworzy szanse do budowania maszyn rozumujących. To zaufanie do ówczesnej fizyki i techniki łączyło się z tym, że z perspektywy wieku 17-go (jak również dwóch następnych) nie było w ogóle miejsca na pojęcie rewolucji naukowej; zwłaszcza, gdy się upowszechniła mechanika Newtona, to aż po wiek 20-ty uważano ją za ostatnie słowo fizyki.

Optymizm Leibniza można psychologicznie zrozumieć jako biorący się z ekstrapolacji jego własnych doświadczeń konstruktora maszyn liczących. Udoskonalił on wyśmienicie maszynę Pascala, która jeszcze nie umiała dzielić, wymyśliwszy mechanizm umożliwiający dzielenie. Był to wielki krok naprzód w wymiarze praktycznym, ale nie wymagający żadnej rewolucji naukowej czy technologicznej. Dalszy postęp, aż po maszynę rozumującą, wyobrażano sobie według tego samego schematu.[3]

3. Infinistyczna metafizyka Leibniza a kwestia SI

3.1. Prócz nurtu badań logicznych i inżynierskich rozwijał się w myśli Leibniza nurt metafizyczny. Określenie ich wzajemnego stosunku należy do jednej z trudniejszych kwestii w badaniach nad Leibnizem. Z jednej strony, Leibniz głosił, że fizyka ma ostateczne ugruntowanie w metafizyce, z drugiej strony dał podstawy do tego, by go uważać za poprzednika Kanta w nauce o istnieniu dwóch nie kontaktujących się ze sobą porządków — fizycznego i metafizycznego.

Mając na uwadze, że w badaniu historycznym, żeby minimalizować skutki nieuniknionego subiektywizmu, badacz powinien ujawniać swe preferencje filozoficzne czy aksjologiczne wpływające na wybór

[3] Warto wspomnieć, że Leibniz był ze swego wynalazku maszyny liczącej niezwykle dumny, o czym świadczy zamiar wybicia na jej cześć medalu z napisem głoszącym, iż przewyższa ona człowieka (w sztuce liczenia). Tak odczuwana wielkość osiągnięcia dysponowała do daleko idących prognoz w sprawie przyszłych maszyn do rozwiązywania problemów, w szczególności maszyn rozumujących.

pytań stawianych badanemu autorowi, deklaruję tu pogląd, że istnieją wzajemne zależności merytoryczne między metafizyką i fizyką. Przy tym nastawieniu, a nie przy innym, rodzi się pytanie, dlaczego u Leibniza jego metafizyka nie wpłynęła na opartą na fizyce inżynierię (ktoś nie podzialający deklarowanego tu stanowiska zapytałby „dlaczego miałaby wpływać?").

Brak mostu pomiędzy tymi dwoma porządkami dobrze by tłumaczyła, nawet jeśli tylko w części, hipoteza, że nie dawał na to szans ówczesny stan nauki. Widać to wyraźnie w problemie definicji nieskończoności, zaslugującym na uważniejsze nim się zajęcie.

Leibniz był infinitystą w metafizyce i finitystą w matematyce. To drugie czyniło niemożliwym infinityzm w fizyce — przy założeniu, już wówczas przyjmowanym, że fizyka zakłada matematykę (tym się różniło ówczesne nowe podejście od arystotelesowego). Nim przypomnimy infinityzm metafizyczny Leibniza, trzeba wyjaśnić ten fakt dość zagadkowy, że nie akceptował on nieskończoności w matematyce. To mogło umacniać go w tendencji do rozdzielnego traktowania dwóch porządków, z jednej strony metafizycznego, a z drugiej fizycznego i technologicznego.

Najpełniejszy wyraz poglądów na nieskończoność w matematyce zawiera rozprawa przesłana w postaci listu do Gallois z końca roku 1772 zatytułowana *Accessio ad arithmeticam infinitorum*. Już w pierwszym jej zdaniu zawiera się zapowiedź wykazania, że nie jest możliwa liczba nieskończona, to jest liczba charakteryzująca nieskończony zbiór liczb (*ubi ostenditur numerum maximum seu numerum infinitum omnium numerorum impossibilem esse sive nullum*). Leibniz przytacza spostrzeżenie Galileusza, że w nieskończonym zbiorze liczb naturalnych tyle samo jest potęg liczb, ile jest liczb stanowiących ich podstawy, np. zbiór 1, 2, 3, ... jest równoliczny ze zbiorem 1, 4, 9, ..., choć ten drugi stanowi część (właściwą) pierwszego. Podaje potem od siebie kilka innych przykładów na tę samą relację, by wreszcie stanowczo stwierdzić, że istnienie takich liczb nieskończonych jest niemożliwe, ponieważ naruszałoby ono aksjomat: **całość jest zawsze większa od całości** (należący do aksjomatów w księdze pierwszej *Elementów* Euklidesa).

Na gruncie ówczesnego stanu wiedzy Leibniz jako matematyk miał powody, żeby zająć takie stanowisko. Jednocześnie w poglądach filozoficznych niezmiennie, od młodzieńczej rozprawy *De Arte Combinatoria* (1666) po *Monadologię* (1714) utrzymywał, że materia jest aktualnie (nie tylko potencjalnie, jak to widział Kartezjusz) podzielna w nieskończoność.

Żywiąc te poglądy każdy z osobna, bez próby ich konfrontacji, uniknął Leibniz pytania, jak rozwiązywać problemy obliczeniowe dotyczące świata fizycznego, który będąc nieskończonym nasuwałby zagadnienia nie dające się rozwiązać w skończonej liczbie kroków, a więc nie poddające się procedurom algorytmicznym. Ale w takim razie jego wizja filozoficzna pozostaje niedokończona. Czy jest możliwe jej hipotetyczne domknięcie przy określonych założeniach? Popróbujmy takiej rekonstrukcji.

3.2. Idea nieskończonej złożoności należy do nerwu argumentacji na na rzecz istnienia Boga stanowiącej aneks do rozprawy *De Arte Combinatoria* (traktującej w części głównej o metodach radzenia sobie poznawczego ze złożonością w różnych klasach przypadków skończonych). W definicji Boga wymieniona jest zdolność poruszania tego, co nieskończone, jako cecha różniąca go od wszelkich innych bytów, a za dowód jego istnienia podaje się to, że ciała materialne są poruszane, będąc nieskończone; stąd wynika, że są poruszane przez Boga.

Nieskończoność ciał jest pojmowana jako ich nieskończona podzielność. Powstaje pytanie, dlaczego tak pojęta nieskończoność wymaga do poruszania aż nieskończonej mocy. Wszak to, że mogę poruszyć kamień, choćby podzielny w nieskończoność, świadczy, że moc nieskończona nie jest do tego konieczna; ta nieskończona podzielność nie zmienia faktu, że masa kamienia pozostaje skończona.

Aby móc wstrzymać się od zarzucenia autorowi takiej niedorzeczności, pozostaje tylko przyjąć, że poruszanie jest tu pojęte w takim sensie, w jakim zegar poruszany jest przez zegarmistrza będącego jego konstruktorem. Aby stworzyć konstrukcję obdarzoną ruchem, czyli w tym sensie ją poruszać, niezbędna jest wiedza z zakresu mechaniki. W przypadku zegara jako struktury skończonej wystarczy wiedza czyli moc intelektualna skończona, a przypadku konstrukcji nieskończonej konieczna jest moc intelektualna nieskończona. A to dlatego, że ruch całego układu tłumaczy się ruchami jego podukładów, a te ruchami ich własnych podukładów, i tak dalej. Gdy podukłady rozgałęziają się w nieskończoność, tylko umysł nieskończony może taki ruch wywołać.

Nasuwa się wniosek, że także zrozumienie (nie tylko spowodowanie) ruchu całego układu wymagałoby umysłu nieskończonego. O tym Leibniz nie mówi w cytowanej argumentacji, ale w innych miejscach daje wyraz przekonaniu, że są problemy w świecie rozwiązywalne tylko dla umysłu nieskończonego. Taki problem stanowi pełne poznanie jakiegokolwiek indywiduum, ponieważ indywiduum jest nieskończone w sposób porównywalny z nieskończonością rozwinięcia dziesiętnego liczby niewymiernej.

Jeśli jednak Leibniz wierzy zarazem w moc algorytmu do tego stopnia, że każdy problem uważa za możliwy do rachunkowego rozwiązania (po stworzeniu odpowiedniego języka opisu świata), to znaczy, że jego infinistyczna metafizyka i jego finitystyczna inżynieria wiedzy całkowicie się rozmijają, nie mając żadnego punktu styku czy przecięcia.

Nie byłoby to możliwe, gdyby pojęcie nieskończoności nie zostało odesłane przezeń do rezerwatu metafizyki, ale weszło w obieg myśli naukowej i technicznej. *Do myśli naukowej i technicznej Leibniza pojęcie nieskończoności mogłoby wejść dopiero wtedy, gdyby poznał i zaakceptował zainicjowaną przez Cantora teorię zbiorów nieskończonych.*

3.3. Mając wizję świata fizycznego jako zbioru ciał, z których każde w sobie zawiera nieskończenie wiele ciał składowych, stanąłby Leibniz przed pytaniem, czy jest to nieskończoność przeliczalna czy mocy kontinuum (czy może jeszcze innej). Z takiej lub innej odpowiedzi na to pytanie brać się będą wnioski co do zakresu naukowej poznawalności fizycznego świata, w tym wnioski co do stosowalności algorytmów w procesach poznawczych.

Jeśli nieskończony zbiór ciał jest tylko przeliczalny, a przy tym sądy o relacjach między ciałami dadzą się zredukować – jak projektował Leibniz w swej teorii logiki – do sądów z predykatami jednoargumentowymi, to wtedy przeliczalny zbiór maszyn Turinga powinien wystarczyć do rozwiązania dowolnego problemu w fizyce.

Jeśli natomiast zbiór wszystkich ciał w kosmosie jest mocy kontinuum, to muszą się w nim znaleźć zależności czy relacje z kategorii funkcji nieobliczalnych i wtedy cały kolosalny „park maszynowy” Turinga okaże się niewystarczający. Nie wystarczy on i wtedy, gdy zbiór elementów materialnej przyrody będzie przeliczalny, podczas gdy nauka o przyrodzie powinna by być w stanie określić wszystkie zachodzące między nimi relacje. Ponieważ każda relacja jest podzbiorem (uporządkowanym) uniwersum, a zbiór wszystkich podzbiorów uniwersum przeliczalnego jest mocy kontinuum, znów wyłonią się funkcje nieobliczalne.

Funkcje nieobliczalne to takie, których nie potrafi obliczyć maszyna Turinga, to znaczy, nie da się ich obliczyć za pomocą procedury algorytmicznej (pojęcie bowiem maszyny Turinga jest precyzyjną eksplikacją intuicyjnego pojęcia algorytmu). A przeto nieskończony (co do liczby elementów) kosmos Leibniza, gdyby doń zastosować dzisiejsze matematyczne pojęcia nieskończoności *mógłby* w pewnych miejscach nastręczać problemy nie dające się rozwiązywać środkami algorytmicznymi.

4. Spór o wyniki Gödla i Turinga. Nieodzowność zapisu analogowego

4.1. Przy końcu poprzedniego odcinka zostało podkreślone kursywą „mógłby”. To podkreślenie – uczynione dla zwrócenia uwagi, że sprawa nie jest jeszcze rozstrzygnięta – wyznaczy kierunek dalszych rozważań. Jego intencją jest wskazanie, że tak można myśleć, ale się nie musi. Co by uwalniało od przymusu uznania, że w teoriach przyrodniczych są problemy nierozstrzygalne, biorące się z faktu istnienia funkcji nieobliczalnych? Uwalniałaby strategia, z którą można się spotkać w dyskusjach o SI, a która polega na pewnego rodzaju *bagatelizowaniu* wyniku Turinga (1936) i torującego mu drogę wcześniejszego wyniku Gödla (1931). Choć słowo „bagatelizowanie” nie należy do terminów technicznych, jest tu na tyle użyteczne przez swą sugestywność, że będę się nim nadal posługiwał.[4]

Strategia bagatelizowania ma kilka odmian. Zanim dotrze do fizyki, zaczyna się już w samej matematyce. Powiadają bowiem niektórzy coś takiego.

> „Gödel udowodnił w sposób niezaprzeczalny, że zawsze będą się pojawiać w arytmetyce problemy nierozstrzygalne, niezależnie od tego, jak daleko się posuniemy w zbogacaniu jej aksjomatyki. Ale rzecz nie w tym, czy problemy takie istnieją, a raczej w tym, czy są to problemy ważne matematycznie. Jeśli wszystko, co jest ważne mieści się w możliwościach rozstrzygnięcia przez odpowiedni dowód sformalizowany, a więc algorytmiczny, to wynik Gödla nie ma epistemologicznie większego znaczenia. A z tego i to jeszcze wynika, że wszystko co ważne będą mogły udowodnić w matematyce także roboty, istoty posługujące się wyłącznie metodami algorytmicznymi.”

W wersji nawiązującej do terminologii Turinga, w tym sposobie argumentuje się, że nawet gdy liczby nieobliczalne „istnieją” w jakimś platońskim świecie, nie ma z tym nic wspólnego realnie uprawiana matematyka.

Nie ma tu potrzeby, żeby się ustosunkować do powyższego poglądu; jest to raczej zadanie dla głębszych znawców przedmiotu oddających się refleksji nad poznaniem matematycznym i ontologią matematyki. Nie ma też sensu zgadywać, co by w tej materii sądził Leibniz wyposażony w wiedzę współczesną, bo za mało mamy do tego podstaw w jego tekstach.

Istotniejsze dla prób zinterpretowania Leibniza są inne odmiany bagatelizowania, dotyczące bezpośrednio fizyki. Niektórzy fizycy wypowiadają się w takim oto duchu.

> „Ciągłość w fizyce, z którą mamy do czynienia na przykład w zjawiskach falowych, a ogólniej ciągłość czasu i przestrzeni są tylko subiektywnymi sposobami ujmowania zjawiska, praktykowanymi ze względu na dogodność rachunkową. Obiektywnie jednak świat fiyczny składa się z obiektów nieciągłych, jak kwanty, a tych obiektów jest skończenie wiele. Tak więc, dla zdania sprawy z obiektywnego stanu przyrody nie są nam potrzebne zbiory nieskończone, nawet tak bliskie intuicjom jak zbiory przeliczalne. Tym bardziej, takie fikcje matematyczne jak liczby i funkcje nieobliczalne nie są potrzebne w poznawaniu realnego świata przyrody. A zatem wystarczą do tego poznania w zupełności procedury algorytmiczne jak te zdefiniowane w teorii maszyn Turinga.”

Wniosek dla SI z takiego rozumowania jest natychmiastowy i dla algorytmistów optymistyczny: nic nie stoi na przeszkodzie, żeby w budowaniu wiedzy o przyrodzie, powstającej z alrorytmicznego przetwarzania danych, wyręczały nas roboty wyposażone w odpowiednie algorytmy. Taki

[4] Czytelnik mniej wprowadzony w literaturę przedmiotu może być zaskoczony, dowiadując sie dalej, że Turing bagatelizował swój własny wynik. Znaczy to tyle, że choć w pełni doceniał jego treść matematyczną, nie wyprowadzał zeń takich wniosków filozoficznych o przewadze umysłu ludzkiego nad maszyną, jak to czynił np. w stosunku do własnego wyniku Kurt Gödel.

optymizm nie bierze jednak pod uwagę tego prozaicznego faktu, że aby przetwarzać dane, wpierw trzeba je mieć, a ma się je dzięki spostrzeżeniom zmysłowym. Czy procesy poznania zmysłowego dadzą się bez reszty ująć algorytmicznie? Oto kolejna kwestia do rozważenia.

4.2. W odcinku 1, gdy wprowadzany był termin „intuicjonizm umiarkowany”, został naszkicowany pewien argument za tak nazwanym poglądem, mianowicie obecność w matematyce zdań nie dających się uzyskać za pomocą algorytmu, jak słynne zdanie gödlowskie czy choćby aksjomaty dowolnej teorii matematycznej. Jak na ten argument reagują algorytmiści w takich przypadkach jak zdanie gödlowskie była mowa nieco wyżej, w ustępie 4.1 obecnego odcinka.

Trudniej sobie wyobrazić ich reakcję na pytanie, jaki algorytm prowadzi do przyjęcia aksjomatów. Przypuśćmy jednak, że sprowadza się ona do następującego poglądu.

> Aksjomaty matematyczne wywodzą się ostatecznie z danych doświadczenia, które zostały poddane odpowiednio złożonej obróbce. Ta obróbka jest sterowana jakimś programem neuronowym, a więc algorytmem zapisanym w języku wewnętrznym systemu nerowowego, w skrócie JWN; istnienia i charakteru takiego języka można by się domniemywać przez porównanie z językiem wewnętrznym maszyny cyfrowej.

Załóżmy, iż rzeczywiście istnieje JWN i zapisane w nim algorytmy. Wtedy problem pochodzenia aksjomatów matematyki czy innych nauk mógłby się (przy pewnych założeniach) redukować do problemu, jak przebiegają procesy percepcji zmysłowej. Musiałyby one w pewnym momencie uzyskać symboliczny zapis cyfrowy w JWN, bo tylko symbole cyfrowe są podatne na przetwarzanie pod dyktando algorytmu.

Jak do takiego zapisu może dochodzić, wiemy dzięki temu, że sami konstruujemy urządzenia do cyfrowego zapisu procesów fizycznych, takich jak obrazy czy dźwięki. Wiemy więc, że zapis cyfrowy np. dźwięku wymaga mikrofonu, który *odwzorowuje* procesy akustyczne w postaci procesów elektrycznych, a te zostają *opisane* za pomocą symboli cyfrowych. Istotne jest tu przeciwstawienie zapisu jako odzorowania i zapisu jako opisu symbolicznego. Pierwszy jest sposobem rejestracji, który nazywamy **analogowym** (odzorowanie polega na pewnej analogii), drugi zaś jest sposobem, który nazywamy **cyfrowym**.

Mikrofon czy kamera filmowa stanowią odpowiednie dla tych rozważań modele fizyczne ucha, oka itd., można więc powyższy wywód odnieść do percepcji zmysłowej. Jak w technice nagrań, aby uzyskać cyfrowy zapis dźwięku trzeba wpierw mieć mikrofon, tak w percepcji dźwięku przez system nerwowy, nawet jeśli dalsze przetwarzanie jest algorytmiczne, a więc cyfrowe, trzeba mieć na początek urządzenie zachowujące się w sposób analogowy. Gdy wrócić do aksjomatów matematyki jako wysoce zaawansowanego produktu przetwarzania cyfrowego, to przy założeniu ich empirycznej genezy pierwszym etapem tego procesu jest przetworzenie zapisu analogowego na cyfrowy.

Zapis przeto analogowy czyli za pomocą wielkości ciagłych jawi się jako niezbywalny składnik poznania, będący także u podstaw poznania naukowego. Ten zaś nie jest tym, do czego mogłaby być zdolna maszyna Turinga, czyli maszyna stanów nieciągłych, jak to przyznaje sam Turing (1950): *it is true that a discrete-state machine must be different from a continuous machine*.

Turing bagatelizuje tę różnicę, powiadając, że nie jest ona ważna, o ile obserwator nie potrafi odróżnić wyników procesu analogowego od wyników procesu cyfrowego. Tym samym, Turing, w duchu tego, co potem nazwano *testem Turinga*, rozpatruje inteligencję maszyn w kategoriach obserwacji ich zachowań. Różnica nie da się jednak pominąć, gdy stajemy przed problemem innej natury — konstrukcyjnym. Gdy mamy zbudować sztuczną inteligencję w pełni dorównującą gatunkowi homo sapiens, nie widać, jak dałoby się uniknąć konstruowania urządzeń analogowych.[5]

4.3. Argument za koniecznością uwzględnienia procedur analogowych w konstruowaniu SI pozwala odróżnić dwie odmiany pytania o to, czy taka konstrukcja jest możliwa. Jedna ogranicza się do metod algorytmicznych, druga dopuszcza metody analogowe. Można uważać, że nie jest możliwe skonstruowanie SI na drodze czysto algorytmicznej, jest to natomiast możliwe przy połączeniu podejścia algorytmicznego i analogowego.

Pytanie o to, czy konstrtukcja SI jest w ogóle możliwa, bez przesądzania jakimi metodami, nazwijmy **ogólnym problemem SI**. Pytanie zaś o to, czy jest mozliwa na drodze wyłącznie algorytmicznej, nazwijmy szczególnym problemem SI.

Już samo postawienie tych dwóch pytań, a nie jednego, różni nas współczesnych od Leibniza jako inżyniera wiedzy, który (inaczej niż Leibniz jako metafizyk) sądził, że wszelkie rozwiązywanie problemów da się sprowadzić do rozwiązywania za pomocą algorytmów. Różni nas ponadto, gdy już dokonaliśmy rozdzielenia problemu, *świadomość braku – jak dotąd – odpowiedzi na problem ogólny oraz wiedza, że odpowiedź na problem szczególny jest w pewnym sensie negatywna.*

Zastrzeżenie „w pewnym sensie” bierze się stąd, że mamy negatywny wynik logiczno-matematyczny, pochodzący od Gödla, Turinga i innych (Church, Post etc.), ale jego interpretacja filozoficzna pozostaje wciąż sprawą otwartą. Była wyżej mowa o interpretacji „bagatelizującej” ten wynik w aspekcie epistemologicznym. Uzupełnijmy ją, w charakterze podsumowania całości, o sformułowanie najbardziej ogólne i zarazem najbardziej dokładne, posługując się pojęciem uniwersalnej maszyny cyfrowej (UMC), to jest maszyny, która może realizować dowolny algorytm, gdy zostanie odpowiednio zaprogramowana (warunek ten spełniają nasze współczesne komputery).

Udowodniony wynik logiczno-matematyczny jest następujący:

[1] **dla każdej UMC istnieje zagadnienie, którego ona nie rozwiąże.**

Symbolicznie: $\forall_m \exists_z (\sim mRz)$ — wynik Turinga etc.

Pozostaje sprawą otwartą, czy prawdziwe jest zdanie:

[2] *Dla każdego zagadnienia istnieje UMC, która je rozwiąże.*

Symbolicznie: $\forall_z \exists_m (mRz)$

pogląd algorytmistów (Hilbert 1928, Turing 1950, Leibniz$_1$ etc).

Jest też sprawą otwartą, czy należy przyjąć zaprzeczenie zdania [2], mianowicie:

[3’] *Nieprawda, że: dla każego zagadnienia istnieje UMC, która je rozwiąże.*

[5] Już tylko na prawach przypisu, żeby nie rozpraszać się na osobny wątek, wypada wspomnieć, że również w kwestii percepcji Leibniz jako wizjoner techniki informatycznej pozostawał w konflikcie z Leibnizem jako wizjonerem struktury kosmosu. Ten drugi przypisywał wielką rolę poznawczą percepcji podświadomej, a bez pełnej świadości nie ma werbalizacji, nie ma więc symbolizacji; a zatem, nie może też być algorytmizacji, którą postulowal w tym obrazie, jak to prawda będzie produkowana maszynowo („veritas machinae ope impressa”).

Symbolicznie: $\sim \forall_z \exists_m (mRz)$
pogląd intuicjonistów (Leibniz$_2$ etc).

Może być dogodniej rozważać powyższe zdanie w innym co do brzmienia lecz równoważnym sformułowaniu (wspólną treść tych obu sformułowań oznacza nr 3 bez apostrofu):

[3"] *Istnieją takie zagadnienia, których nie rozwiąże żadna UMC.*

Symbolicznie: $\exists_z \forall_m (\sim mRz)$.

To, czy uznamy za prawdę [2] czy [3], zależy od założeń filozoficznych. Leibniz jako wizjoner w sprawach konstrukcji wiedzy, podobnie jak potem Turing, przyjmował [2]. Leibniz jako wizjoner metafizyczny przyjmował zaprzeczenie [2] czyli [3]. A przyjmował to zaprzeczenie dlatego, że zdolność do rozwiązywania pewnych zagadnień matematycznych, obejmujących problem tak niebagatelny, jak stworzenie świata — *cum Deus calculat, fit mundus* — zastrzegł wyłącznie dla umysłu nieskończonego; a nie jest takim, ex definitione, UMC.

Nie trzeba aż tak wielkiej metafizyki jak Leibnizjańska, żeby żywić pogląd [3]; świadczy o tym choćby słynna debata o „chińskim pokoju" (por. Searle 1980, Boden 1990), w której zwolennicy poglądu [3] powołują się na inne, mniej metafizyczne, przesłanki. Trudno jednak powiedzieć, czy z tych przesłanek pogląd [3] wynika równie nieodparcie jak z metafizyki Leibniza. Toteż i wtedy, gdy tej metafizyki nie przyjmuje się za własną, należy ją mieć na uwadze jako najbardziej radykalną wśród supozycji filozoficznych przemawiających przeciw algorytmizmowi.

Literatura cytowana i najbliższa tematycznie cytowanej

M. Boden (ed.) *The Philosophy of Artificial Intelligence*, Oxford University Press, New York 1990.

A. Church, An unsolvable problem of elementary number theory. *Am. J. Math.* **58**, 1936, 345-363.

A. Church, A note on the Entscheidungsproblem. *J. of Symbolic Logic* **1**, 1936, 40-41, 101-102.

L. Couturat (ed), *Opuscules et fragments inédits de Leibniz.* Paris 1903.

M. Davis (ed), *Solvability, Provability, Definability. The Collected Works of Emil L. Post.* Birkhäser, Boston etc. 1993.

S. Feferman, Turing in the land of (O)z. In: [Herken (ed) 1988].

K. Gödel, Über formal unentscheibare Sätze der *Principia Mathematica* und verwandter Systeme – I. *Monatshefte für Mathematik und Physik*, **38**, 1931, 173-198.

R. Herken (ED), *The Universal Turing Machine. A Half-Century Survey,* Oxford Univ. Press, Oxford 1988.

D. Hilbert und W. Ackermann, *Grundzüge der theoretischen Logik.* Julius Springer, Berlin 1928. English version *Principles of Mathematical Logic*, Chelsea, New York 1950, ed. by R. E. Luce is based on 2nd German edition, 1938.

see [Couturat 1903].

W. S. McCulloch and W. Pitts, A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *B. Math. Biophy.* **5**, 1943, 115-133. Reprinted in [Boden (ed) 1990].

R. Penrose, *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics.* Oxford Univ. Press, Oxford etc. 1989.

E. L. Post, Finite combinatory process — Formulation I. *J. of Symbolic Logic* **1**, 1936, 103-105. Reprinted in: [Davis (ed) 1994].

E. L. Post, Absolutely unsolvable problems and relatively undecidable propositions — account of an anticipation. In: [Davis (ed) 1994].

G. MacDonald Ross, *Leibniz.* Oxford Univ. Press, Oxford etc. 1984.

H. Schnelle, Turing naturalized: von Neumann's unfinished project, in: Herken (ed.) 1988, pp. 539-559.

J. R. Searle, Minds, Brains and Programs, *Behavioral and Brain Sciences* **3**, 1980, pp. 417-424.

A. Turing, On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proc. of the London Math. Society,* Series 2, **42**, 1936, 230-265.

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

A. Turing, Intelligent machinery — Raport, National Physics Laboratory. In: B. Meltzer and D. Michie (eds), *Machine Intelligence* **5**, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh 1969.

A. Turing, Computing machinery and intelligence. *Mind* **59**, 1950, 433-460.