

## **Jak człowiek – twór wszechświata staje się jego współtwórcą przez moc obliczeniową cywilizacji**

1. Odczyt ten dotyczy zagadnienia, które można oddać hasłem "rola technologii informatycznej w stwarzaniu świata". Termin "stwarzanie" należy do teologii, ale jego treść empiryczna w obecnym kontekście pochodzi z rozważań kosmologicznych uprawianych pod mianem "zasady antropicznej" (np. Barrow i Tipler). Są to pytania o warunki pojawienia się w toku ewolucji wszechświata takiej złożoności, jaka cechuje inteligentne życie. Jedną z hipotez (np. Eda Fredkina) przypisuje samemu światu jako wszechkomputerowi moc obliczeniową odpowiednią do stworzenia inteligencji. Nasuwa to pomysł, żeby się zastanowić nad ewolucją kosmosu od momentu, w którym ziemską cywilizacja staje się układem o tak wielkiej mocy obliczeniowej, że potrafi zmieniać stan wszechświata (a więc uczestniczyć w dziele stwarzania) poza sferą ziemi. W tej przepowiedni bierze się pod uwagę realne tempo wzrostu mocy obliczeniowej w obrębie naszej cywilizacji.

Współtworzenie kosmosu w najbliższym otoczeniu ziemi zaczęło się od umieszczenia na orbicie ziemskiej pierwszego satelity. Między tym skromnym początkiem a dającym się pomyśleć punktem szczytowym inżynierii kosmicznej rozciąga się niezmierna skala możliwości. Żeby ją ogarnąć, spróbujmy opisać hipotetycznie jej osiągnięcie szczytowe – utworzenie nowego wszechświata.

"Recepta jest prosta. Należy wziąć mały kawałek materii. Według Andrieja Lindego wystarczy tysięczna część grama. Następnie trzeba ścisnąć go do gęstości, która niegdyś wystarczyła do wywołania inflacji naszego wszechświata. Ścisnięta materia utworzy czarną dziurę – obszar przestrzeni, gdzie grawitacja jest tak potężna, że nawet światło nie może z niego uciec. Według teorii Gutha supergęste wnętrze takiej czarnej dziury natychmiast ulegnie inflacji – nie w naszym świecie, lecz w przypominającym bąbelek obszarze czasoprzestrzeni połączonym z naszym przez "pepowinę" czarnej dziury. Pępowina nie jest stabilna, ponieważ bardzo małe czarne dziury żyją tylko ułamek sekundy, po czym znikają, lub "parują", wydzielając tak zwane promieniowanie Hawkinga. W tym samym momencie znika pępowina i powstaje nowy wszechświat niemowlęcy." Marcus Chown, "Sąsiedni wszechświat", Zysk i S-ka, 2004, s.144.

Nie będziemy dociekać, jaka jest szansa spełnienia się tej wizji w jakiejś, niezmiernie odległej, przyszłości. Zadanie tego odczytu jest skromniejsze: rozważyć tylko pewien warunek konieczny inżynierii kosmicznej, w szczególności takiego jej apogeum, jak opisana wyżej prokreacja świata potomnego. Tym warunkiem koniecznym jest osiągnięcie przez cywilizację niewyobrażalnie wielkich mocy energetycznych i obliczeniowych. Jak wielkich, gdy idzie o moce obliczeniowe? To da się nawet policzyć przy pewnym założeniu, które można nazwać (1) ontologią finitystyczną. Jej przykładem jest "filozofia cyfrowa" Eda Fredkina tj. pogląd [przewidziany do omówienia w odczycie], że cała rzeczywistość jest skwantowana, a liczba jej najmniejszych elementów jest skończona. Rzecz wygląda inaczej, gdy się założy (2) ontologię infinitystyczną, która w (2a) jednej wersji przyjmuje ciągłość (czasu, przestrzeni etc.), a w przypadku nieciągłości, przybiera wersję (2b), gdzie uważa się zbiór elementów wszechświata za nieskończony przeliczalnie (taka zdaje się być np. konsekwencja interpretacji teorii kwantów przez Davida Bohma).

Audytoryum dyskusyjne będzie proszone o wypowiedzenie się, w szczególności, co do wersji 2b: czy wymaga ona, by umysł Stwórcy miał moc conajmniej kontinuum? Stwórca powinien ogarniać umysłem nie tylko elementy, lecz także relacje każdego z każdym, a więc zbiór wszystkich podzbiorów uporządkowanych. Jeśli tych byłoby nie mniej niż zbiorów nie-uporządkowanych, to Stwórca miałby do czynienia ze zbiorem potęgowym zbioru przeliczalnego, a więc o mocy kontinuum. To by znaczyło, że

zna także liczby nieobliczalne (św. Augustyn mówił, że Bóg zna wszystkie liczby), a więc jego umysł przewyższa mocą obliczeniową maszynę Turinga (problem ten powinien z bogacić tematykę teologiczną w stylu Augustyna).

**2.** Głównym narzędziem myślowym w tym rozważaniu jest zaadaptowane do jego celów pojęcie mocy obliczeniowej. Zwrot ten występuje w kilku różnych idiomach informatyki. W "prawie Moore'a" dotyczy on wydajności sprzętu czyli czynnika fizycznego (hardware). Kiedy indziej dotyczy modeli obliczeniowych, jak w zdaniu:

"It is common practice to compare the computational power of different models of computation. For example, the recursive functions are strictly more powerful than the primitive recursive functions, because the latter are a proper subset of the former." (arxiv.org/abs/cs.LO/0510069)

W tym sensie dyskutowana jest w literaturze cała klasa zagadnień: jak ma się do maszyny Turinga moc obliczeniowa automatu komórkowego, a jak sieci neuronowej itp.

Proponowany w odczycie sens terminu "moc obliczeniowa" jest jeszcze pojemniejszy niż alternatywa (suma zakresów) wspomnianych obu. Jest on inspirowany maksymą Leibniza "Cum Deus calculat fit mundus": moc obliczeniowa obejmuje wszystkie elementy niezbędne do rozwiązania problemu "jak i jaki stworzyć świat?". Trzeba więc do czynników fizycznego i logicznego dołączyć jeszcze zbiór danych (informacji) czyli wiedzę niezbędną w roli przesłanek w rozwiązywaniu problemu. Do tych trzech (sprzęt, program, wiedza) dołącza się jeszcze jeden czynnik – pojawiający się wtedy, gdy stwórczym demiurgiem ma być nie indywidualium i nie umysł transcendentny, ale wewnątrzświatowy podmiot zbiorowy, jak cywilizacja.

Cywilizacja składa się ze struktur społecznych, w szczególności państw, a te są swoistymi systemami przetwarzania informacji czyli systemami obliczeniowymi (por. ujęcie systemów gospodarczych przez Hayeka i przez Langego). Ich moc obliczeniowa rośnie w miarę zyskiwania przez nich takich cech, jak dystrybucyjność (akcentowana przez Hayeka), interaktywność oraz analogowość procesów przetwarzania informacji; przykład wysokiego poziomu tej mocy to takie państwo, gdzie mamy wolny rynek, podział władz, struktury samorządowe, społeczeństwo obywatelskie. Nie jest to osobna kategoria, bo system taki składa się z czynnika fizycznego i czynnika logicznego (już wymienionych), ale jest to realność na tyle swoista, że trzeba ją umieścić na liście jako osobny punkt w rozważaniach o mocy obliczeniowej; można go rozpatrywać pod nagłówkiem "inteligentne państwo", gdy inteligencję utożsamia się z mocą obliczeniową.

**3.** Progiem do pokonania w definiowaniu mocy obliczeniowej jest dwuznaczność podstawowego terminu "obliczanie". Powiadamy, że jakiś układ ma większą od innego moc obliczeniową, gdy więcej lub sprawniej potrafi obliczać; ale co to jest obliczanie, to sprawa do wyjaśnienia.

Precyzyjna definicja obliczania dana przez Turinga (1936), wedle której obliczać to znajdować rozwiązanie według instrukcji jakiegoś algorytmu dotyczącego operacji na symbolach, jest dzięki swej precyzji w powszechnym użyciu. Nie znaleziono jednak innego technicznego terminu, żeby określić nim procesy też nazywane powszechnie obliczaniem i też odnoszące się do liczb. Mówi się np. o komputerach analogowych, a więc urządzeniach obliczających, choć nie jest to obliczanie w sensie Turinga, bo nie jest operacją na symbolach.

Suma zakresów przy obu wymienionych sensach daje szerokie pojęcie obliczania, przy którym obliczać, znaczyłoby znajdować wartość funkcji, czy to metodą symboliczną (czyli cyfrową) czy analogową. Zważywszy jednak na odkrycie Gödla i Turinga o istnieniu funkcji nieobliczalnych, popadamy w paradoksalny sposób mówienia, że znajdując wartość takiej funkcji oblicza się (sensu

largo) jakąś liczbę nie-obliczalną (sensu stricto), a więc oblicza się nieobliczalnie. To zaś, że istotnie potrafimy znajdować wartości funkcji nieobliczalnych pokazał i Gödel i Turing (w argumentie przekątniowym).

Dla kwestii poruszanych w odczycie trzeba przyjąć następującą, należycie szeroką i wolną od powyższej trudności, definicję obliczania: jest to znajdowanie wartości dowolnej funkcji, także nieobliczalnej. Wtedy wolno będzie mówić, np. że kierowca w myśli oblicza, jaki wykonać skręt i hamowanie, żeby zapobiec kolizji z innym pojazdem; oblicza, choć nie operuje na żadnych symbolach cyfrowych. Wieloznaczności unikniemy za ceną pewnej rozwlekłości wysłowienia, gdyż trzeba będzie pamiętać, żeby mając na uwadze węższe pojęcie obliczalności mówić całym zwrotem "obliczalność algorytmiczna" lub równoważnie "obliczalność w sensie Turinga"; podobnie trzeba wtedy oddawać powiązane z tym pojęcia, np. "rozstrzygalność w sensie Turinga". Natomiast, mając na uwadze obliczalność pojmowaną szeroko, będziemy używać tego terminu bez przydawki. I od tego szerokiego znaczenia, jako pochodne, określamy pojęcie mocy obliczeniowej.

**4.** W odcinku 2 wyliczono kilka czynników, od których zależy moc obliczeniowa (przy deklarowanym wyżej szerokim rozumieniu obliczania). Ma to być cecha stopniowalna – tak, żeby jej maksimum było tym, czego trzeba do utworzenia świata potomnego.

Jeśli rozwiązywanie jakiegokolwiek problemu utożsamiać z obliczaniem, a inteligencję określić jako zdolność rozwiązywania problemów, to moc obliczeniowa okaże się tym samym, co inteligencja. Oto przykład rozwiązywania problemu będącego obliczaniem zachodzący w przypadku inteligencji typowo humanistycznej. Niech będzie nim problem każdego autora tekstu: jak najtrafniej wyrazić zdaniem myśl (Norwid – "odpowiednie dać rzeczy słowo")? Rozwiązanie polega na znalezieniu maksymalnej wartości funkcji (a więc pewnej relacji) odpowiedniości (między słowami i myślą); jest to zatem obliczanie wedle poszerzonej definicji tego pojęcia.

Pozostaje zauważyć, że takie obliczanie nie-algorytmiczne jest tym, co zwykliśmy określać mianem intuicji. Do tego utożsamienia dochodzi się idąc tropem Turinga (1938), który chcąc w pewien formalny sposób zdać sprawę ze zjawiska intuicji, proponował pojąć ją jako zdolność znajdowania wartości funkcji nieobliczalnej. Żeby uwydatnić różnicę między taką czynnością umysłu i obliczaniem algorytmicznym, nazwał tę czynność wyrocznią (oracle); mimo sugestywności słowa "wyrocznia", pozostaniemy przy tradycyjnym terminie "intuicja".

Szczególnie ważnym dla naszej kwestii rodzajem obliczania intuicyjnego jest znajdowanie aksjomatów teorii matematycznych oraz logicznych reguł wnioskowania. Jest to tak ważne, ponieważ owa zdolność ludzkich umysłów jest źródłem mocy obliczeniowej algorytmicznej; obie zaś pozostają w sprzężeniu zwrotnym, które skutkuje potężnym przyrostem mocy obliczeniowej. Oto przykłady.

(A) Procedura rozstrzygania o tautologiczności formuł metodą drzew semantycznych (pochodnych od tabel semantycznych Betha) dostarcza wyśmienitego algorytmu dowodzenia (choć z ograniczonym przez cechę nierozstrzygalności zakresem zastosowań). Mogła ona zaistnieć dzięki właściwym temu systemowi regułom operowania kwantyfikatorami, a te zakładają teoriomnogościowy aksjomat wyboru (analogicznie do operatora epsilonowego Hilberta). Uznanie tego aksjomatu przez wielu (choć nie wszystkich) logików jest wynikiem pewnego zachodzącego w ich mózgach/umysłach obliczania. A że metoda, którą mu zawdzięczamy, usprawnia i przyspiesza dowodzenie za sprawą automatyzacji, odciąża to nasze umysły, darując im czas i energię na kolejne poszukiwania intuicyjne, które zaowocują kolejnymi algorytmami.

(B) Znalezione przykłady twierdzeń arytmetycznych, których dowodzenie przez komputer w logice pierwszego rzędu zajęłoby wiele lat i tony papieru na wydruki, a dowód w logice drugiego rzędu (jak to przewidywał Gödel 1936) jest bardzo krótki, np. dwie strony w czasopiśmie. Żaden jednak algorytm nie rozstrzygnie, czy właściwe jest stosowanie logiki pierwszego rzędu, która budzi u niektórych zastrzeżenia natury filozoficznej. Czy słuszne jest żywić te zastrzeżenia, rozstrzyga intuicja badacza. Jeśli "widzi"

on umysłem trafność logiki drugiego rzędu, uzyska dowód twierdzenia nieosiągalny praktycznie na innej drodze, a mając o tyle bogatszą arytmetykę, będzie mógł produkować nowe algorytmy

5. Przyglądnięcie się opisanym wyżej czynnikom mocy obliczeniowej pozwala określić warunki, pod którymi zmierzałaby ona ku maksimum niezbędnemu do uprawiania inżynierii na skalę kosmiczną, aż po generowanie światów. Zauważmy, że projekty takie wymagałyby niewyobrażalnie wielkich energii, nieosiągalnych w obecnym stanie nauki i techniki, ale pozyskanie z czasem takich energii to kwestia przekraczania kolejnych progów wiedzy przez fizykę i technologię, a to z kolei zależy od należytego spotęgowania mocy obliczeniowych.

To, czego nasza cywilizacja zdążyła dotąd doświadczyć, jest obiecujące. Moc obliczeniowa komputerów w aspekcie fizycznym (szybkość procesora) podwaja się co półtora roku, mamy więc wzrost wykładniczy (prawo Moore'a). Produkcja zaś wyników naukowych podwaja się co kilka lat, a więc wolniej, ale też w tempie wykładniczym (badania Solla Price'a i in.). To są już dwa, spośród czterech, czynniki mocy obliczeniowej (por. odc. 2). Czynniki trzeci, moc obliczeniowa ludzkiej intuicji, mająca skutkować w szczególności wzrostem czynnika logicznego czyli algorytmów i programów, jest nieprzewidywalny i niemierzalny co do tempa rozwoju, ale doświadczenia 20. wieku pozwalają w tym względzie na dużą dozę optymizmu.

Najbardziej oporny na doskonalenie jest czynnik społeczny, ale też dlatego w nim są największe rezerwy mocy jeszcze niewykorzystanych. Jeśli rozwiąże się problem taniego i niewyczerpalnego praktycznie zaopatrzenia w energię, jeśli nanotechnologia zapewni obfitość tanich dóbr wszystkim członkom ludzkiej społeczności, jeśli stanie się powszechna w skali wszystkich kontynentów edukacja, i to na wysokim poziomie, jeśli sztuczna inteligencja oraz inżynieria biologiczna spotęgują do niewyobrażalnego dziś poziomu, i to w skali powszechnej, ludzkie potencje intelektualne, to można będzie powiedzieć, że warunki do zyskania przez ludzkość statusu kosmicznego demiurga są w połowie spełnione.

Druga połowa to koordynacja poczynań w skali cywilizacji globalnej. Znając ogromne trudności, na jakie napotyka dziś współpraca międzynarodowa w sprawach jeszcze stosunkowo mało skomplikowanych, jak rokowania w WTO na temat liberalizacji handlu, trudno spodziewać się intensywnej współpracy wszystkich narodów w czymś takim, jak wspólny światowy projekt inżynierii kosmicznej; narazie mamy rywalizację w kosmosie motywowaną przez agresywne nacjonalizmy. Żeby mogło się to zmienić, konieczna jest daleko idąca przemiana państw narodowych w kierunku wydatnego zwiększenia ich inteligencji. Gdy obserwować inteligencję państw, czyli ich skuteczność w rozwiązywaniu własnych problemów, widać, że bywa ona porównywalna z inteligencją troglodytów. Ale nie jest to stan zastygły. Niektóre państwa zaszły stosunkowo daleko w sztuce radzenia sobie ze swymi problemami, i te dostarczają wzorów na wyższy poziom zbiorowej inteligencji. Temat globalnej kooperacji obejmuje też, oczywiście, kwestie moralne, ale jest to osobne wielkie zagadnienie, które w obecnym kontekście można co najwyżej odnotować.

Istotnym sposobem na poprawienie inteligencji państwa jest to, żeby w świadomości obywateli, polityków i elit intelektualnych zaistniała kategoria pojęciowa "inteligentne państwo", a z nią kryteria inteligencji i wiedza o drogach do ich spełnienia. Pierwszy więc etap całego procesu to budowanie wiedzy w zakresie podstaw informatyki i podstaw nauk społecznych. Wiedzę tę powinni teoretycy przekazywać elitom akademickim, te zaś szerzyłyby ją wśród nauczycieli, dziennikarzy etc., którzy nieśliby ją dalej do szerszej publiczności. Podstawy takie są domeną filozofii w tym jej wydaniu, które określa się jako "filozofia w nauce". Stąd, w wielkim projekcie kosmicznym naszej cywilizacji niepoślednia rola przypada filozofom.