Paweł Stacewicz

Roboczy fragment artykułu naukowego

(…)

4. Optymistyczny realizm poznawczy Marciszewskiego w ujęciu dyskusyjnym

4.1.

Pośród wielu możliwych typów światopoglądów informatycznych na szczególną uwagę zasługuje pogląd Witolda Marciszewskiego, nazywany przezeń „optymizmem poznawczym”[1]. Zgodnie z deklaracją autora pogląd ów nawiązuje do optymizmu Davida Hilberta i Kurta Goedla, którzy obaj zgodnie, choć w nieco inny sposób, argumentowali, że właściwie każdy problem matematyczny, na pewnym poziomie rozwoju matematyki, znajdzie swoje rozwiązanie.

Światopogląd reprezentowany przez Marciszewskiego nawiązuje wprost do wyeksponowanej w rozdziale poprzednim tezy nr 3: „Wraz z rozwojem ludzkiej cywilizacji **złożoność problemów** rozwiązywanych przez ludzki umysł nieustannie rośnie”[2]. Teza ta zasługuje na miano światopoglądowej, ponieważ poprzez odniesienie do uniwersalnego pojęcia problemu jest wystarczająco ogólna, by objąć wszelkie możliwe **wyzwania** stojące przed ludzką cywilizacją. Mówiąc krótko: każde wyzwanie dotyczy rozwiązania jakiegoś problemu.

A zatem, biorąc wspomnianą tezę za punkt wyjścia, można sformułować następujące ogólne pytanie światopoglądowe: „*Czy moc poznawcza ludzkiego umysłu jest w stanie podołać rosnącej złożoności problemów dotyczących świata (w którym żyje człowiek)?*”. Witold Marciszewski opowiada się zdecydowanie za odpowiedzią pozytywną (optymistyczną)[3], a zasadniczy trzon jego argumentacji przedstawia się następująco.

Zarówno analiza dziejów ludzkiej cywilizacji, jak i dokonań poszczególnych ludzi, przekonuje, że w naturę człowieka jest wpisana **spontaniczna kreatywność**. Jej elementarnym wyrazem są nowe pojęcia abstrakcyjne, które (mimo swojej elementarności) torują drogę nowym teoriom i wynikającym z nich metodom rozwiązywania problemów. Szczególnie sugestywny przykład to idea zera (przyznajmy, że trudno o coś bardziej podstawowego), która pozwoliła stworzyć człowiekowi pozycyjny system zapisu liczb, a idąc dalej, efektywne algorytmy operacji arytmetycznych na dowolnie dużych liczbach. Bez tej

[1] Szersze określenie Marciszewskiego brzmi następująco: „realistyczny optymizm w kwestii poznawania i przekształcania świata”. Zob. Marciszewski W., Stacewicz P., *Umysł – Komputer – Świat…*, dz. cyt s. 224.

[2] Teza ta jest wyrazem realizmu prezentowanego dalej stanowiska: realistycznie, tj. zgodnie z faktyczną praktyką różnych nauk, trzeba przyjąć, że złożoność podejmowanych przez nie problemów nieustannie rośnie..

[3] Zob Marciszewski W., Stacewicz P., *Umysł – Komputer – Świat…*, dz. cyt s. 219-226, a także Marciszewski W., *Racjonalistyczny optymizm poznawczy w Gödlowskiej wizji dynamiki wiedzy,* [w:] *Przewodnik po epistemologii*, red. R. Ziemińska, Kraków 2013.

idei matematyka nie mogłaby pokonać bariery powolnych i niepodatnych na skuteczną automatyzację obliczeń[4].

Zdaniem Marciszewskiego kreatywność ludzkiego umysłu – której owoc stanowi m.in. koncepcja zera – ma charakter **niewyczerpywalny**. Nawet jeśli granica złożoności problemów, które umysł napotyka w świecie, nie istnieje (może być dowolnie wielka), to nie istnieje również granica efektywności wynajdywanych przez umysł teorii i algorytmów. Myśl tę dobrze oddaje następujący cytat:

„*Chociaż w każdej teorii, a więc w każdym stadium poznawania świata, występują problemy nierozwiązywalne (co przyznajemy realistycznie), to jest zawsze szansa na takie jej rozwinięcie, lub zastąpienie jej lepszą teorią, że problemy dotąd nierozwiązywalne staną się możliwe do rozwiązania. W nowej teorii pojawią się znowu kwestie nierozwiązywalne, ale i tu szansa* ***postępu*** *nas nie opuści, mamy więc perspektywę nowego kroku*[5]".

Uzupełniając powyższą myśl o komentarz bardziej informatyczny[6], można stwierdzić, że nierozwiązywalność wspomnianych wyżej problemów polega na niemożności przedstawienia (intersubiektywnie dostępnych) **algorytmów**, które w ramach danej teorii pozwoliłyby owe problemy efektywnie rozwiązywać. Mówiąc krótko: brak algorytmów dla problemu P świadczy o niewydolności teorii w odniesieniu do P.

Co ciekawe jednak, nierozwiązywalność niektórych problemów jest bardzo głęboka. Zależy nie tyle od wysokopoziomowej struktury teorii, ile od elementarnych operacji, jakie teoria ta dopuszcza. W informatycznym żargonie mówi się, że zależy ona od dozwolonego **modelu obliczeń** – modelu, który wyznacza taki a nie innych typ algorytmów[7].

Stwierdzenie, że dla każdego modelu obliczeń (a więc i dla odpowiadającego mu typu algorytmów) istnieją problemy **nierozwiązywalne** należy do informatycznych podstaw ŚPIN. Wspominałem o tym w komentarzu do tezy nr 3 w poprzednim podrozdziale. Stwierdzenie to dotyczy w szczególności turingowskiego modelu obliczeń dyskretnych, co do którego dowiedziono, iż nie daje on możliwości określenia jakiegokolwiek algorytmu rozwiązującego zagadnienie stopu i zagadnienia jemu pokrewne[8].

W związku z powyższym nasuwa się pytanie o wspomnianą przez Marciszewskiego **szansę postępu**. A zatem: czy dla każdego modelu obliczeń, w szczególności turingowskiego, istnieje jakiś sposób pokonywania jego naturalnych ograniczeń? A jeśli istnieje, to na czym polega?

---

[4] Przykładowo, przy użyciu dominującej do IX w. notacji rzymskiej (bez symbolu zera) nie sposób było opracować uniwersalnych algorytmów dodawania i mnożenia (a co dopiero mówić o bardziej skomplikowanych działaniach). Por. Kordos M., *Wykłady z historii matematyki,* WSiP, Warszawa 1994.

[5] Zob. Marciszewski W., Stacewicz P., *Umysł – Komputer – Świat…*, dz. cyt, s. 225.

[6] Komentarz ten pochodzi od autora niniejszego tekstu. O tym, że jego treść jest zgodna z intencjami Witolda Marciszewskiego autor mógł się przekonać podczas wielu rozmów i dyskusji z Profesorem.

[7] Najlepiej teoretycznie zbadany i najbardziej powiązany z praktyką przetwarzania informacji jest model obliczeń dyskretnych, opisany ściśle za pomocą formalizmu uniwersalnej maszyny Turinga (opisujący w sposób wyidealizowany przetwarzanie danych przez komputery cyfrowe). Nie jest to jednak model jedyny. Oprócz niego rozważa się, na przykład, schematy różnego rodzaju obliczeń ciągłych (zwanych analogowymi). Odniosę się do nich w dalszej części tekstu. Por. Burgin, M., Dodig-Crnkovic, G., *Typologies of Computation and Computational Models*, 2013, arXiv:1312.2447 [cs].

[8] Przypomnę, że zagadnienie stopu wyraża się następującym pytaniem: „*Czy dana (choć dowolna) maszyna Turinga, określona przez swój program i ciąg symboli wejściowych na taśmie, zatrzymuje się po skończonej liczbie kroków, czy też musi działać w nieskończoność*?". Por. Harel D., *Rzecz o istocie informatyki. Algorytmika*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.

Jeśli po odpowiedź sięgniemy do metodologii informatyki, to podpowie ona dwa sposoby. Pierwszy z nich można określić jako zachowawczy, ponieważ nie wymaga on zmiany modelu, w ramach którego poszukuje się odpowiednich algorytmów. Polega on na umiejętnym **dzieleniu** oryginalnego (nierozwiązywalnego) problemu P na takie podproblemy, dla których, po pierwsze, istnieją wystarczająco efektywne algorytmy lokalne, po drugie zaś, występuje wśród tychże podproblemów interesujący nas wariant P. Metoda ta wspiera się na optymistycznym założeniu, że jakkolwiek dla określonego ogólnie problemu P nie istnieje jeden uniwersalny (rozwiązujący go) algorytm A, to dla różnych jego podproblemów (zwłaszcza tych, które są praktycznie interesujące) można znaleźć efektywne algorytmy „dedykowane”[9]. Ich efektywność zaś – to już inny wątek myśli Marciszewskiego – zależy od **stopnia abstrakcyjności** obiektów, na których operują algorytmy. Zazwyczaj: im obiekt jest bardziej abstrakcyjny, tym efektywność jest większa (na przykład pewne problemy dotyczące liczb i funkcji rzeczywistych, można rozwiązać efektywniej, gdy wprowadzi się bardziej abstrakcyjne od nich liczby i funkcje zespolone).

Drugi sposób radzenia sobie z algorytmiczną nierozwiązywalnością trzeba określić jako radykalny, ponieważ polega on na porzuceniu dotychczasowego modelu obliczeń i zastąpieniu go modelem **silniejszym**. W owym modelu silniejszym niektóre przynajmniej z problemów nierozwiązywalnych stają się rozwiązywalne. Dobry przykład to przejście od obliczeń dyskretnych, redukowalnych w istocie do pewnego typu operacji na dwóch rozróżnialnych symbolach (np. 0 i 1), do obliczeń **analogowych-ciągłych**, które pozwalają operować na wartościach z pewnego *continuum* (np. z przedziału (0,1)). Ów nowy model jest silniejszy, ponieważ teoretycznie rzecz biorąc, zapewnia rozwiązywalność problemu stopu maszyn Turinga (problemu nieobliczalnego w pierwszym z w/w modeli)[10].

Podsumowując zatem: **optymizm** przyjmowanej przez Marciszewskiego wersji ŚPIN wyraża się w przekonaniu, że umysł ludzki, będąc systemem **dynamicznym**, zdolnym do wytwarzania nowych pojęć, algorytmów i modeli obliczeń, potrafi „nadążać” za rosnącą złożonością problemów w świecie. Uzasadnieniem tego przekonania są: historia ludzkiej cywilizacji (cywilizacji twórczej!), a także opisane wyżej ustalenia metodologów informatyki.

4.2.

Czy przedstawione wyżej uzasadnienie wyklucza jednak jakiekolwiek **pesymistyczne** odmiany ŚPIN? Czy nie istnieją przekonujące racje po temu, by przyjmować, że umysł ludzki musi pogodzić się z nierozwiązywalnością problemów pewnego typu? A mówiąc ostrożniej: z brakiem pewności co do tego, że stosowane przezeń metody znajdowania rozwiązań są niezawodne?

Chciałbym przedstawić krótko trzy argumenty przemawiające za wspomnianym pesymizmem. Podobnie jak wywody powyższe będą one osadzone w kontekście metodologii informatyki.

Argument pierwszy stanowi krytykę omówionej wcześniej strategii dzielenia nierozwiązywalnego problemu P na takie podproblemy, dla których istnieją efektywne

---

[9] Założenie to nie musi być jednak prawdziwe, którą to kwestię rozwinę dalej.
[10] Por. Mycka J., *Obliczenia dyskretne i ciągłe jako realizacje antropomorficznej i fizycznej koncepcji efektywnej obliczalności*, [w:] *Światy matematyki. Tworzenie czy odkrywanie*, red. I. Bondecka-Krzykowska, J. Pogonowski, Poznań 2010, s. 247–260.

algorytmy lokalne. Zauważyć trzeba, że dla każdego podziału P na przypadki szczególne, zarówno tychże przypadków, jak i odpowiadających im algorytmów lokalnych, musi być **nieskończenie** wiele. Gdyby bowiem było przeciwnie, wówczas istniałby algorytm dla P, który miałby postać zwykłej alternatywy skończonej liczby algorytmów lokalnych. Ten zaś, wskutek udowodnionej matematycznie nierozwiązywalności P, po prostu nie istnieje.

Wobec powyższego umysł ludzki nie może mieć pewności, iż uda mu się pośród nieskończonej mnogości podziałów i podproblemów natrafić na ten wariant, który odpowiada rozpatrywanemu przezeń zagadnieniu. Co więcej, oryginalny problem P, wskutek istnienia nieskończenie wielu związanych z nim algorytmów lokalnych, tak naprawdę pozostaje **nierozwiązany**. Jego rozwiązanie pełne, a nie dotyczące pewnego skończonego zbioru podproblemów, wymagałoby bowiem znajomości i możliwości przeszukiwania (w skończonym czasie) nieskończonej liczby algorytmów lokalnych. Zastrzeżenie powyższe można by uchylić pod warunkiem, że umysł ludzki dysponowałby zdolnością **wglądu** w całościową strukturę obiektów nieskończonych (w tym przypadku: chodzi o zbiory podproblemów i skojarzonych z nimi algorytmów). To założenie jednak może się wydać niektórym nazbyt optymistyczne.

Drugi z argumentów podważających zbyt daleko idący optymizm rzeczników ŚPIN dotyczy koncepcji zastępowania słabszych modeli obliczeń silniejszymi. Chociaż koncepcja ta ma swoje uzasadnienie teoretyczne (wszak istnieją matematyczne teorie coraz silniejszych modeli obliczeń[11]), to w praktyce może okazać się, że modele silniejsze od cyfrowego są po prostu **fizycznie nierealizowalne**. Myśl ta jest w istocie zgodna z treścią słynnej tezy Churcha-Turinga, która w jednym ze swoich wariantów głosi, że wszelkie obliczenia efektywne (efektywnie realizowalne) są sprowadzalne do obliczeń cyfrowych (opisanych ściśle za pomocą formalizmu uniwersalnej maszyny Turinga)[12]. Gdyby tak było, to musielibyśmy pesymistycznie stwierdzić, że wszelkie problemy, które w świetle teorii dają się rozwiązywać w modelach silniejszych od cyfrowego (np. analogowym-ciągłym), tak naprawdę muszą pozostać nierozwiązywalne.

Ostatni z proponowanych argumentów pozostaje niezależny od powyższych wątpliwości, uwypukla natomiast kwestię **niepełnej kontrolowalności** stosowanych przez człowieka algorytmów. Owa niepożądana cecha przysługuje, na przykład, coraz chętniej stosowanym schematom tzw. **obliczeń naturalnych**[13]. Należą do nich „naśladujące" naturalną ewolucję algorytmy genetyczne, których elementem konstytutywnym są czysto losowe operacje na danych, takie jak mutacje, krzyżówki czy selekcje[14]. Jasnym jest, że wskutek dopuszczenia operacji losowych twórcy algorytmów muszą utracić nad nimi kontrolę.

---

[11] Owe coraz silniejsze modele obliczeń – silniejsze od modelu dyskretnego/cyfrowego – nazywa się często modelami hiperobliczeń.

[12] Por. Harel D., *Rzecz o istocie informatyki. Algorytmika*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000, a także Mycka, J., Olszewski, A., *Czy teza Churcha ma jeszcze jakieś znaczenie dla informatyki?*, [w:] „Informatyka a filozofia. Od informatyki i jej zastosowań do światopoglądu informatycznego", red. P. Stacewicz, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2015.

[13] Por. Kari L, Rozenberg G., 2008, *The many facets of natural computing*, „Communications of the ACM", nr 10 (51), s. 72-83.

[14] Por. Michalewicz, Z., 1992, *Genetic Alghorithms + Data Structures = Evolution Programs*, Springer Verlag, Berlin 1992.

Innego typu schematy obliczeń naturalnych są uzyskiwane wprost z natury, jako element „gotowych”, działających w przyrodzie układów (np. bakterii czy komórek nerwowych). Choć układy takie wykonują przydatne nam obliczenia, to ich twórcą nie jest człowiek, lecz ewolucyjnie kształtowana natura. Co więcej, w wielu przypadkach człowiek nie potrafi nawet sensownie oddzielić algorytmu od realizującej go „maszynerii”.

Właściwa opisywanym algorytmom niepełna kontrolowalność potęguje się jeszcze bardziej, gdy cechuje je odpowiednio wysoka **złożoność strukturalna** (dopowiedzmy w nawiasie, że nawet w przypadku systemów tak elementarnych jak komórki jest ona gigantyczna). Złożoność układu i sterującego nim algorytmu mogą powodować, że mimo stosowania go jako elementu wspomagającego wyjaśnianie i przewidywanie różnych zjawisk w świecie, to on sam domaga się teorii wyjaśniającej. Mówiąc krótko: algorytm działa skutecznie, nie do końca jednak wiemy, dlaczego. Jest to silna przesłanka na rzecz pesymizmu co do możliwości uzyskania efektywnej kontroli nad algorytmami i sterowanymi algorytmicznie urządzeniami.

Podsumowując powyższe uwagi krytyczne, trzeba stwierdzić, że kwestia zasadności optymizmu poznawczego Marciszewskiego pozostaje **otwarta**. Jak starałem się pokazać wyżej, argumenty napotykają kontrargumenty, te ostatnie zaś nie są niepodważalne. To zaś stanowi o tym, że oglądając świat z informatycznej perspektywy, można żywić różne odmiany informatycznego światopoglądu.