

Tematy dyskusję zaczerpnięte z książki "Różne oblicza informacji" ¹

Jest to fragment recenzji, której odcinek §1, odnoszący się do technicznych spraw edytorskich został tu opuszczony, pozostałe zaś wykorzystane jako materiał do uwag dyskusyjnych, w szczególności do dyskusji w blogu *Polemiki i Rozmówki w "Cafe Aleph"*.

§2. Uwagi o poszczególnych rozdziałach

§2.1. *O redukcji informacji do danych* (Paweł Stacewicz). Obszerne omówienie i dyskusja nad tym rozdziałem znajduje się w §3.

§2.2. *Automatyczne systemy przetwarzania informacji – paradygmat logiczny* (Joanna Golińska-Pilarek) Obszerne omówienie i dyskusja nad tym rozdziałem znajduje się w §4.

§2.3. *O rozumieniu informacji w biologii współczesnej* (Radosław Siedliński)

Rozdział jest bardzo pomocny w refleksji nad wkładem genetyki w filozofię informatyczną, zważywszy, że pojęcie genu jest kluczowe w teorii ewolucji. Ta zaś w ujęciu Darwina jest koncepcją filozoficzną. Jej filozoficzność ujawnia się wyraziście na tle teologii naturalnej W. Paleya, którą Darwin znał i cenił w roli oponenta próbującego wyjaśnić w sobie właściwy sposób ten zadziwiający porządek przyrody prowadzący do powstawania coraz wyższych form życia. Stworzenie tego porządku Paley przypisywał Bogu, Darwin zaś, detronizując Boga intronizował w jego roli *dobór naturalny*. Wspólne jest im jednak pojęcie celowości, choć każdy przypisuje ją innemu sprawcy.

Autor szkicuje kontekst historyczny we Wprowadzeniu, a szerzej omawia celowościowość genów w procesie doboru naturalnego, cytując M. Smitha (odc. 3 "Intencjonalne ujęcie informacji genetycznej"). Krytykuje jednak, i słusznie, przypisywanie doborowi naturalnemu intencji działania celowego, które byłoby analogiczne do intencji tworzącego program komputerowy człowieka. W sytuacji, gdy mówi się, i to z dobitnym akcentem, o „ślepych procesie ewolucji”, terminu „intencjonalność” nie należy brać dosłownie, lecz raczej metaforycznie, posługując się tą metaforą czy analogią dla odróżnienia tego ujęcia od ujęcia kauzalnego (odc. 2).

Autor krytykuje takie ujęcie kauzalne, które jedynie genotypowi przypisuje oddziaływanie przyczynowe na cechy fenotypu. Krytykuje więc to, co nazywa genocentryzmem, a co uważa za niesłuszne w świetle badań gruntowniejszych (referowanych w odc. 4). Wniosek z tej krytyki, zdecydowanie krytyczny wobec genocentryzmu, stanowi główną tezę rozdziału toteż powinien być uwzględniony w jego tytule, który można

by ująć w sformułowaniu: "O rozumieniach informacji we współczesnej biologii i faktach, które podważają genocentryzm".

Ograniczając się do krytyki ujęcia kauzalnego tylko o tyle, o ile dotyczy ono roli genów, Autor jest dla tego ujęcia zbyt wyrozumiały. Samo pojęcie informacji kauzalnej, gdy nie uwzględnia roli interpretatora związku przyczynowego, jest niewłaściwie skonstruowane. Prowadzi ono do stwierdzeń w rodzaju, że spadanie jabłka jest informacją o istnieniu grawitacji. Dym jest informacją o istnieniu ogniska, ale tylko dla tego, kto zna zależność między tymi zjawiskami.

Rozdział Siedlińskiego, oprócz powyższych tez formułowanych w nim *explicite*, nawiązuje do tematów pomocnych w kształtowaniu się pojęcia *filozofii informatycznej*. Jest ona czymś innym niż filozofia informacji. Jest raczej kierunkiem filozoficznym, jak np. filozofie ewolucjonistyczne Bergsona czy Tailharda de Chardin.

Tekst Siedlińskiego można określić jako esej z *informatycznej filozofii życia*, konkurencyjnej względem takiej filozofii życia jak np. teologia naturalna Paleya, czy Bergsona idea „elan vital”. Informatyczna filozofia życia jest próbą jego zrozumienia w kategoriach przetwarzania informacji i modeli obliczeniowych. Jej podstawą jest przeświadczenie, któremu daje wyraz motto pewnego artykułu o obliczeniach naturalnych, a więc także o tym, co czynią geny itp. ²

»Biology and computer science – life and computation – are related. I am confident that at their interface great discoveries await those who seek them.« – Leonard Adleman, "Scientific American", Aug. 1998

Tekst Siedlińskiego przybliży czytelnika do takiej wizji.

§2.4. *Toma Stoniera wkład w ontologię informacji* (Roman M. Krzanowski)

Dobrze się składa, że jest to rozdział, który z pożytkiem dla całości tomu uzupełnia - dotycząc ontologicznego wymiaru informacji – punkt 1a z rozdziału Stacewicza.

Dyskutowane przez Autora wywody Stoniera oparte są na ontologicznej koncepcji, że na wszechświat składają się trzy równorzędne, równie realne sfery rzeczywistości: materia, energia, informacja.

Dobrze, że ta myśl znajdzie się w książce z tak wyrazistą egzemplifikacją, jak metafizyczny rozmach Stoniera. Przekonująco rozwija on tę myśl w licznych konkretnych kwestiach. Krzanowski podejmuje niektóre z nich i samodzielnie komentuje. Jest to tematyka wybitnie filozoficzna, dotycząca głębokiej natury rzeczywistości. Jeśli przyjąć termin "filozofia informatyczna" lub "światopogląd informatyczny", to do tak

¹ Książka ukazała się nakładem Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 2017, pod redakcją naukową Pawła Stacewicza.

² Zob. <http://www.calculemus.org/CA/sw-infor/2017/natural-comp.pdf>. Jest to artykuł dający wszechstronny przegląd ujmowanych informatycznie zjawisk życia, co czyni zeń wiarogodną empiryczną podstawę dla informatycznej filozofii życia.

określonej dziedziny rozważań należą par excellence koncepcje Stoniera.

Walent utworu polega też na uwzględnieniu dociekań nad informacją mniej znanych niż teoria informacji Shannona itp.

Tekst pomija pewne ważne elementy myśli Stoniera nawiązujące do spekulacji Barrowa i Tiplera, inspirowanych ideą „Punktu Omega” T. de Chardin. Da się to jednak usprawiedliwić limitem przewidzianej dla tomu objętości. Czynie więc te wzmiankę ze względu na ewentualne plany na przyszłość, dodając, że w przyszłości trzeba by włączyć do opiniowania fizyka lub kosmologa.

Bardziej szczegółowe uwagi przekazałem Autorowi za pośrednictwem Redaktora tomu. Po odniesieniu się do nich Autora nie zgłaszam zastrzeżeń.

§2.5. *Deskrypcyjna i preskrypcyjna rola informacji* (Józef Lubacz)

To ważny wkład do panoramy (zapowiedzianej w tytule książki) rodzajów i aspektów informacji, uzupełniający w/w wyliczenie Stacewicza rozpisane na punkty 1a-1d. Preskrypcyjna rola informacji to jedno z jej oblicz, o których mówi tytuł. Byłby to zapewne podpunkt w punkcie 1b mówiącym o u-informacji.

Autor trafnie argumentuje za odmiennością obu ról, warto jednak zwrócić uwagę na fakt, że często informacja preskrypcyjna jest równoważna pewnej informacji deskrypcyjnej. To znaczy, że jej adresat tego samego się dowiaduje, niezależnie od tego, w której otrzyma ją roli. Jest tak zwłaszcza w dziedzinie artefaktów będących wytworami wszelkiej techniki, od kosmicznej po kulinarną.

Informacja deskrypcyjna, że dla pokonania przez rakietę ziemskiej grawitacji trzeba jej nadać przyspieszenie równe 1.6 przyspieszenia ziemskiego, przekłada się na preskrypcję (instrukcję), jak spowodować takie przyspieszenie. Bardziej godne uwagi są preskrypcje nie mające charakteru instrukcji technicznych. Dobrym przykładem zdaje się być Dekalog, a także choć z innego powodu, logiczne reguły wnioskowania.

§2.6. *Heurystyka – metoda czy błąd? Przetwarzanie informacji za pomocą heurystyk* (Anna Wójtowicz)

Tekst dotyczy przetwarzania u-informacji w kontekście procesu podejmowania decyzji. Jego związek z zagadnieniem redukcji informacji do danych jest bardzo istotny, otwierający nową dziedzinę badań, za co Daniel Kahneman otrzymał w roku 2002 nagrodę Nobla z ekonomii – z motywacją:

"for having integrated insights from psychological research into economic science, especially concerning human judgment and decision-making under uncertainty"

Rekomenduję gorąco ten tekst do publikacji. Dotyczy on bowiem teorii mającej doniosłe konsekwencje praktyczne (np. w kwestii strategii inwestycyjnych, giełdowych itp.), i nie mniej doniosłe konsekwencje dla filozofii informatycznej. Jest to nowa wersja teorii decyzji, w pewien sposób alternatywna wobec klasycznej teorii von Neumanna. Związek tej problematyki

z kwestią redukcji informacji do danych dobrze oddany jest w tytule książki Kahnemana "Thinking Fast and Slow" (2011).

Myślenie powolne to takie, które jest powolne z powodu formalistycznej pedanterii, nie odwołujące się do intuicji, a jedynie do wyniku drobiazgowego przetwarzania danych; jest to więc to, z czym mamy do czynienia w systemach formalnych i w algorytmach. Słowem, w przetwarzaniu danych. *Myślenie szybkie* polega na skrótowym, bo intuicyjnym, przetwarzaniu informacji. Autorka nie posługuje się tą metaforą Kahnemana, oddaje natomiast jego ideę pojęciem bardziej technicznym: sposoby szybkiego intuicyjnego rozwiązywania problemów decyzyjnych nazywa się *heurystykami*.

Nie dbając o ścisłość typu algorytmicznego, jakiej wymaga klasyczna normatywna (von Neumanna) teoria decyzji, heurystyki narażone są na błędy (por. tytuł rozdziału). Ale badania pokazują, że bywa to strategia efektywniejsza od klasycznej. Autorka, czerpiąc z literatury, wykazuje to przekonująco na przykładach różnych sytuacji decyzyjnych.

Jest to dziedzina, w której dzięki nowatorstwu podejścia teoriodecyzyjnego jawi się w nowym świetle naczelné zagadnienie monografii – redukcja informacji do danych. Heurystyka jest to pewien sposób przetwarzania u-informacji odmienny od tego, którego dotyczy klasyczna teoria decyzji. Czy w tym nowym trybie przetwarzanie informacji da się bez reszty sprowadzić do przetwarzania jakichś danych? To temat do dalszych badań i, ewentualnie, do publikacji w następnym tomie serii.

§2.7. *Informacyjne wzmacnianie rzeczywistości za pomocą technik typu augmented reality* (Michał Babula)

Mowa jest w tym tekście o ważnym obliczu informacji, innym od tych, o których traktują pozostałe rozdziały. Rozdział ten nie zawiera jakichś własnych wyników autora, ale gdy rozważa się monografię jako całość, to widać, że w pewnych fragmentach wnosi ona własne propozycje, a w innych przedstawia niezbędne dla nich tło, jakim jest osiągnięty dotychczas w nauce stan zagadnienia; omawiany rozdział należy do tego drugiego rodzaju

W pracy zbiorowej można podzielić się zadaniami w ten sposób, że jedni autorzy dostarczają partii referujących, inne zaś przyczyniają się bardziej do wątków oryginalnych, byleby jedne i drugie przekonująco się mieściły w tytule całości. Tekst Babuli warunek ten spełnia. Pod rozważanie (do uzgodnienia z Redaktorem) dają zastąpienie w tytule słowa „informacyjne” przez „informatyczne”, gdyż omawiane artefakty opierają się nie na jakiejś teorii informacji (np. Shannona czy Poppera), ale na osiągnięciach informatyki we właściwym tego słowa znaczeniu. Ta zamiana dałaby też pożądaný efekt w postaci nawiązania do informatycznego wymiaru informacji (u Stacewicza punkt 1d).

§2.8. *Informacja w naukach o zarządzaniu* (Helena Bulińska-Stangrecka)

Temat rozdziału mieści się w kategorii informacji komunikacyjnej (u Stacewicza 1c). Jest więc celowe jego zamieszczenie jako reprezentacji tego aspektu („oblicza”) informacji.

Tekst ma charakter referujący, co ma też odzwierciedlenie w obszernej pracownice zgromadzonej bibliografii. Podziela on słabości niektórych referowanych tekstów, bowiem w dziedzinie tak powiązanej z praktyką łatwo jest o różne obserwacje i refleksje nie zawsze pogłębione teoretycznie. Nie trzeba jednak wymagać od Autorki więcej niż od cytowanych przez nią autorów; może przydałaby się tylko gruntowniejsza ich selekcja, ale to zadanie wymagające większego namysłu, a więc do ewentualnego przyszłego badania.

§3. Gentzenowski paradygmat logiczny a kwestia redukowalności informacji do danych. Dyskusja nad rozdziałem Pawła Stacewicza.

§3.1. Odnosząc się z aprobatą do wywodów Stacewicza w rozdziale "O redukcji informacji do danych", wysuwam propozycje dalszych rozważań. Obejmuje ona pewien paradygmat logiczny, w którym redukowanie informacji do danych da się prześledzić z wielką dokładnością.

Jest to wzorzec, który daje możliwość rozpoznania tego obszaru, w którym przetwarzanie informacji okazuje się być nieredukowalne do przetwarzania danych, mianowicie paradygmat wywodzący się od G. Gentzena. W jego przystępnej wersji, pochodzącej od R. Smullyana, wprowadza – pod kątem automatyzacji rozumowań – studium o drzewach semantycznych (zwanymi też tabelami analitycznymi) Izabela Bondecka-Krzykowska w: "Semantic tree method – historical perspective and applications".³

§3.2. Oto jak rysuje się pomost między pojęciami przetwarzania informacji oraz redukowania informacji do danych. Redukcja oznacza bądź pozbycie się czegoś niepożądanego bez zamiany na coś inne (np. redukcja emisji gazów), albo pozbycie się na rzecz czegoś innego. Redukcja informacji do danych stanowi ten drugi przypadek.

Dane stanowią zbiór dyskretny. Jeśli w nich ma być odwzorowana informacja, to i ona powinna być traktowana jako zbiór oddzielnych jednostek. Ta potrzeba zderza się z realiami języków naturalnych. W gramatyce angielskiej zalicza się „information” do kategorii *uncountable nouns*, które nie mają liczby mnogiej (jak „knowledge” itp.), toteż gdy wchodzi w grę wielość, mówi się „pieces of information”. W polskim mamy do czynienia z dwuznacznością. Inaczej niż w angielskim, istnieje liczba mnoga. Są też jednak takie konteksty, jak ten z rozdziału na temat Stoniera, że informacja jest częścią składową natury; tu liczba mnoga nie wchodzi w grę.

Żeby ujednoznaczyć wypowiedzi, przyjmijmy sens angielski i oddajmy „pieces of information” przez „porcja informacji”. W sytuacji, gdy istnieje odwzorowa-

nie, to znaczy, gdy każdej danej odpowiada określona porcja informacji, redukcja informacji do danych oznacza, że zamiast przetwarzać porcje informacji, przetwarza się odpowiadające im dane. Nie oznacza to pozbycia się procesu przetwarzania informacji, lecz to, że nie wymaga on osobnej aktywności; każdy krok w przetwarzaniu danych jest automatycznie odwzorowywany w przekształceniach u-informacji.

Korzyści z takiego rozwiązania są co najmniej trzy. (i) Zwiększa się *stopień niezawodności* operacji, gdyż łatwiej dostrzec błąd w danych (jakimi są np. napisy na papierze), tj. naruszenie któreś z reguł przetwarzania napisów, niż wykryć błąd w przetwarzaniu porcji u-informacji, a więc ludzkich myśli. (ii) Uzyskujemy *intersubiektywność* operacji: postrzeganie napisów jest dostępne wszystkim i u wszystkich podobne, podczas gdy trudniej o dostęp do cudzych myśli. (iii) Przetwarzanie informacji po jej zakodowaniu w danych można powierzyć maszynie, co też zwiększa intersubiektywność i niezawodność oraz kolosalnie pomnaża szybkość przetwarzania.

W analizie tych procesów w wybranej jako wzorzec dziedzinie, mianowicie w automatyzacji rozumowań, przyda się tradycyjne w logice odróżnienie zdań jako napisów oraz sądów jako ich znaczeń, a więc porcji u-informacji. Chodzi w tym przypadku o *sądy w sensie psychologicznym*, które odróżniamy (idąc za Ajdukiewiczem) od *sądów w sensie logicznym*. Te drugie znajdują się w wymiarze ontologicznym (1a w klasyfikacji Stacewicza); mają one eksponowaną rolę u Fregego w jego filozofii logiki, ale pomimo doniosłości analiz Ajdukiewicza i Fregego, trzeba odłożyć ten szeroki temat przetwarzania o-informacji (z „o” w miejsce „u”) do ewentualnych innych rozważań.

Sąd w sensie psychologicznym jest porcją u-informacji. Odróżnijmy sądy (w sensie psychologicznym) bez asercji (np. sądy tylko cytowane) od takichże sądów z asercją. Te drugie określamy jako *przekonania*; są one tym, co będę miał na uwadze rozważając rozumowania, w których występują sądy i zdania opatrzone „pieczęcią” asercji.

Żeby mieć przykład różnicy między rozumowaniem sformalizowanym jako przekształcaniem napisów i rozumowaniem intuicyjnym jako przekształcaniem sądów psychologicznych (tj. porcji u-informacji), warto porównać dowody twierdzeń w dwóch podręcznikach arytmetyki.

Jeden z nich to Wacława Sierpińskiego "Arytmetyka teoretyczna" (PWN 1955), gdzie dowody mają charakter intuicyjny, co znaczy, że zdania (jako napisy) w tekście nie są materią przetwarzania, lecz służą do wywołania w czytelniku odpowiednich myśli. Autor jakby opowiadał doświadczony przez siebie proces myślowy, żeby czytelnik mógł z kolei odtworzyć go w sobie.

Andrzej Grzegorzczak w "Zarysie arytmetyki teoretycznej" (PWN 1971) zapisuje w sposób formalny, w logice pierwszego rzędu, aksjomatykę Peano. Następnie dowodzi przykładowo pewnych twierdzeń w sposób sformalizowany, powołując się na reguły te same logiki. Dzięki temu trafność rozumowań uznaje się na tej podstawie, że

³ Druk w "Annales UMCS Informatica AI 3 (2005), s. 15-25.

przekształcenia napisów są zgodne z podanymi regułami przekształceń. Nie musi się w tym celu mieć pojęcia liczby, nie musi się rozumieć, do czego odnosi się napis „0” itd. Tak zachowuje się maszyna Turinga, a tym samym komputer cyfrowy.

W tradycyjnej praktyce dowodzenia twierdzeń (przykładem Sierpiński) język tekstu matematycznego służy przekazaniu czytelnikowi myśli autora w sposób możliwie najlepszy według praw komunikacji językowej. Nie jest wtedy narzędziem przetwarzania danych na sposób mechanicznej ich obróbki, jak wpisywanie i wymazywanie symboli na taśmie maszyny Turinga. Taki podatny na mechaniczną obróbkę język nazwijmy krótko *kodek*.

§3.3. Gdy odczytuję napisy w takim kodzie, wraz z przechodzeniem od napisu do zapisu, co jest obserwacją procesu *przetwarzania danych*, równoległe zachodzi w moim umyśle sekwencja aktów asercji sądów stanowiąca proces *przetwarzania u-informacji*.

Niech za porównanie posłużą dwa równoległe odcinki prostej podzielone na segmenty będące produktami kolejnych kroków przetwarzania danych i przetwarzania u-informacji: są to zapisy zdań jako dane oraz odpowiadające im sądy jako porcje u-informacji. Segmenty procesu reprezentującego u-informację odwzorowują w pewien sposób segmenty odcinka danych. Toteż gdy jeden proces dowodzenia kończy się konkluzją na odcinku danych, drugi kończy się odpowiednią konkluzją na odcinku u-informacji.

Jest to stan pożądany, będący celem formalizacji i mechanizacji (inaczej – automatyzacji) rozumowań. Pożądany dlatego, że jak była wyżej mowa, fizyczny charakter przetwarzania danych gwarantuje konkluzjom z poziomu u-informacji intersubiektywność i niezawodność rozumowań i obliczeń.

Nie zawsze jednak cel ten daje się osiągnąć. Są sytuacje, kiedy przetwarzanie u-informacji kończy się konkluzją, a więc linia się zamyka, podczas gdy przetwarzanie danych nie ma końca, czyli maszyna Turinga wciąż się kręci na jałowych obrotach. To znaczy, proces przetwarzania nie zmierza do jakiegóż konkluzji, lecz pętli się w tworzeniu cykli takich samych struktur, tyle że wypełnianych symbolami o coraz nowych kształtach.

Skąd jednak bierze się konkluzja, skoro nie ma dla niej podstawy w postaci ostatniego etapu przetwarzania danych? I skąd wiemy, że przetwarzanie danych będzie się ciągnąć w nieskończoność w postaci kolejnych cykli?

Stosownym do tego celu przedmiotem analiz jest automatyzacja procesów dowodzenia, stanowiących ważny rodzaj procesów przetwarzania informacji. Szczególnie obiecujące dla efektywnej automatyzacji są systemy gentzenowskie, tj. pochodne od Gentzena rachunku sekwentów. Mowa o tym w następnym odcinku.

§4. Gentzenowski paradygmat logiczny a kwestia redukowalności informacji do danych. Dyskusja nad rozdziałem J. Golińskiej-Pilarek

§4.1. Jest to temat na przecięciu dwóch zagadnień, które należy wyróżnić jako kluczowe dla omawianej książki. Jednym z nich jest rozważany w §3 problem relacji między przetwarzaniem danych i przetwarzaniem informacji; drugim – zadanie automatycznego przetwarzania informacji, sygnalizowan w tytule rozdziału Joanny Golińskiej-Pilarek (dalej, w skrócie – Golińska): "Automatyczne systemy przetwarzania informacji – paradygmat logiczny".

Zachodzi ten związek zagadnień przy założeniu, że zautomatyzowane przetwarzanie informacji w sensie Golińskiej jest przetwarzaniem danych w sensie Stawcewicza. Do takiej interpretacji zachęca druga część tytułu Golińskiej – "Paradygmat logiczny". Zwrot ten wskazuje na tę klasę systemów przetwarzania danych, którą stanowią sformalizowane systemy logiczne.

Wśród nich szczególnie podatne na automatyzację są systemy gentzenowskie, ponieważ zachodzi dla nich twierdzenie o eliminacji cięcia. To sprawia, że struktura logiczna dowodzonego twierdzenia wyznacza automatycznie tok rozumowania, a więc przetwarzania informacji, bez jakiegokolwiek potrzeby inwencji – cechy z gruntu obcej automatom. Nie mają tej własności systemy sformalizowane na modłę Hilberta, stąd rosnąca pozycja systemów gentzenowskich w pracach nad automatyzacją rozumowań.

Jednym z nich jest system relacyjnych tablic dualnych, w skrócie TD, będący przedmiotem tekstu Golińskiej – znakomitego pod względem kompetencji i profesjonalnego ujęcia. Jednak te zalety czynią ją mało dostępną, a więc i mało przydatną, dla potencjalnych odbiorców książki, czy to w środowisku filozofujących logików czy wśród większości informatyków. Potrzebne jest więc zastanowienie nad adaptacją tekstu, która byłaby z pożytkiem dla jego realnych odbiorców. Godnym uwagi wzorcem przystępnego i atrakcyjnego mówienia o systemach gentzenowskich jest tekst Melvina Fittinga "Tableaus and Dual Tableaus", mający się ukazać w przygotowywanej do druku pracy zbiorowej pod redakcją Joanny Golińskiej-Pilarek, nakładem Springer.

§4.2. Porównanie tekstu Golińskiej z tekstem Fittinga nasuwa parę pytań i sugestii. Mając na uwadze czytelnika, który nie jest zorientowany w temacie, a chciałby zdobyć na ten temat jakieś podstawowe wiadomości, trzeba by zrewidować następujący passus wymieniający systemy, na których opiera się implementacja algorytmów automatycznej dedukcji:

»aksjomatyczne systemy Hilbertowskie, systemy dedukcji naturalnej, systemy Gentzenowskie, systemy rezolucji, systemy tablicowe (tableaux), systemy tablic dualnych.«

Porównajmy to wyliczenie z Fittinga charakterystyką tabel dualnych. Powiada on, że TD i TA są tym samym, podobnie jak są tym samym rachunki sekwentów. Zwrot „są tym samym” rozumiem tak, że

wszystkie one należą do tej samej klasy, czego nie naruszają zachodzące między nimi różnice. Jeśli tak, to trzeba by mieć dla określenia tej klasy jakiś termin. Historycznie jest im wspólne, że się wywodzą od Gentzena, i z tego względu nazywam je tu *systemami gentzenowskimi*. A co jest ich cechą wspólną na sposób merytoryczny?

Formułując odpowiedź, nie chciałbym robić tego kategorycznie. Autorka jest specjalistką od systemów gentzenowskich w większym stopniu niż piszący te słowa, niech więc będzie to przedmiotem narady przed nadaniem tekstowi finalnej postaci. W moim rozumieniu cechą wspólną i wybitnie charakterystyczną jest eliminacja cięcia (cut elimination) dowiedziona przez Gentzena dla rachunku sekwentów i dziedziczona przez wszystkie systemy pochodne.

Jeśli zgodzimy się co do tego, to kwestią bardzo żywotną, kluczową dla tego rozdziału, jest to, czy ta klasa systemów ma przewagę nad systemami aksjomatycznymi (Hilbert etc.) pod względem anonsowanego w tytule *automatycznego przetwarzania informacji*. Autorka pisze, że systemy tablic dualnych są świetnym narzędziem realizacji zadań logicznych.

Skąd ich świetność? Czy są lepsze od innych systemów gentzenowskich, a te z kolei systemy lepsze od aksjomatycznych. Według Fittinga nie ma różnicy w jakości między AT i DT. Czy jest różnica w stosunku do systemów aksjomatycznych.

To znowu pytanie pod dyskusję między Autorką i recenzentem. Według mojego rozumienia, przewaga systemów gentzenowskich nad aksjomatycznymi, a także nad systemami dedukcji naturalnej (Jaśkowski etc.) nie jest bezwzględna, zachodzi natomiast pod względem podatności na automatyzację. Dlaczego? Bo systemy gentzenowskie dostarczają algorytmu konstrukcji drzewa dowodu, nie ma więc potrzeby poszukiwania przesłanek, co od dowodzącego wymaga inwencji. Taki tryb doskonale odpowiada bezmyślności maszyny.

Tym, co by wymagało przedyskutowania, jest kwestia, czy ta przewaga pod względem mechaniczności bierze się z eliminacji cięcia. Moje bardzo skromne doświadczenie w dowodzeniu twierdzeń podpowiada hipotezę, że reguły podpadające pod schemat cięcia, jak reguła odrywania, wymagają znalezienia przesłanki, z której „odetniemy” to, czego nam w danym dowodzie potrzeba. Takie poszukiwanie przesłanek nie może być mechaniczne czyli bezmyślne, trzeba „wypatrywać” związków logicznych, co wymaga rozumienia sensu zdań. Nie jest to więc zajęcie dla maszyny.

Z drugiej jednak strony, automatyzacja dowodzenia dokonuje się z powodzeniem także w systemach aksjomatycznych. Tu powstają pytania natury porównawczej. Sukcesy są w obu przypadkach. Ale za jaką w każdym przypadku cenę? Czy może praca w paradygmacie aksjomatycznym wymaga więcej heurystyk, a więc interakcji człowieka z maszyną? Czy może są różnice co do czasu wykonywania dowodu? W złożoności obliczeniowej?

I wreszcie pytanie, które się narzuci każdemu czytelnikowi, i na które daje odpowiedź Fitting, a powinna się ona znaleźć także w omawianym rozdziale. Dualność jest relacją dwuczłonową. Jednym jej członem są tabele dualne. A co drugim? Gdy się go wskaże, pozostaje odpowiedzieć, podobnie jak Fitting, na czym ta dualność polega.

§5. Kwestie, które się pojawiły w obecnym tomie i zasługują na kontynuację

Mam tu na uwadze kwestie z części pierwszej. Istnieją też w drugiej tematy godne uwagi i dalszych opracowań, ale pierwsza, jako bardziej fundamentalna, zasługuje na uwagę w pierwszej kolejności. Wśród nich priorytet należy się zagadnieniu stosunku między informacją i danymi oraz kwestii jego reprezentacji w paradygmacie logicznym. Jest to bowiem pole badań na tyle zaawansowane, że większa jest szansa na rozwiązanie lub, przynajmniej, na hipotezy.

§5.1. Czy pogląd o redukowalności każdego procesu przetwarzania u-informacji do przetwarzania danych jest równoważny z poglądem, że umysł jest maszyną Turinga?

Odpowiedź na to pytanie twierdzącą (w §3) przyjąłem jako hipotezę roboczą potrzebną do krytycznej analizy rozdziału Stacewicza i porównania takiej redukowalności z funkcjonowaniem TA (lub, po odpowiednim przekładzie) TD (temat tekstu Golińskiej). Jeśli byłaby to interpretacja niezgodna z myślą Autorki jej wypowiedzenie przez recenzenta stwarza możliwość sprecyzowania w tym względzie stanowiska Autorki.

Ideę maszyny Turinga wyraziście ukazuje system TA, gdy za dane przyjmie się formuły logiki predykatów. Dana wyjściowa (negacja formuły poddawanej sprawdzeniu) jest przetwarzana w ściśle algorytmicznym (jak instrukcje maszyny Turinga) procesie konstruowania drzewa. Nie zawsze jednak ten proces prowadzi do rozstrzygnięcia, czy negacja badanej formuły jest spełnialna (co wykluczałoby tautologiczność formuły negowanej). Mamy więc przypadek, kiedy maszyna się nie zatrzymuje.

Czy kiedykolwiek się zatrzyma? Tego maszyna nie może wiedzieć (nierozstrzygalność problemu stopu). Umysł natomiast postrzega, że nie istnieje sposób na zatrzymanie. Nie doprowadzi więc ten proces do wykazania, że negacja formuły badanej jest spełnialna, a więc do wykazania, że owa formuła jest tautologią.

Jednocześnie wiemy, dzięki twierdzeniu o zupełności logiki predykatów, że gdy formuła jest tautologiczna, da się to w każdym przypadku wykazać algorytmicznie. A skoro nie da się wykazać, to nie mamy tu do czynienia z tautologią.

Fakt, że umysł może coś, czego nie może maszyna, wydaje się niektórym tak tajemniczy, że nie dają mu wiary i diagnozę o braku stopu zaliczają do umysłowych złudzeń. Wobec niemożności intersubiektywnego rozstrzygnięcia tego sporu, w którym każda strona jest zdana na własne podstawowe intuicje filozoficzne, klasę takich budzących kontrowersję

zdań nazwano (Smullyan) *mystery class*. Po polsku możemy to oddać zwrotem „Zbiór Zdań Zagadkowych”, co daje zręczny skrót ZZZ.

Oto jak charakteryzuje ZZZ twórca systemu TA w poczytnym podręczniku "The First-Order Logic", Springer 1968.

»The real "mystery class" consists of those formulas which are neither unsatisfiable nor satisfiable in any finite domain. If we construct a tableau – even a systematic one – for any such formula, the tableau will run on infinitely, and at no finite stage will we ever know that the formula is or is not satisfiable. There are formulas which are satisfiable but not in any finite domain. However, the demonstration of their satisfiability cannot be accomplished within the framework of analytic tableaux.« – Smullyan [1968, s. 63]

Żeby dać bliższe pojęcie o naturze ZZZ, skorzystajmy z obszernego studium, którego autorami są Jerzy Pogonowski i Izabela Bondecka-Krzykowska pt. "Agnostyczny jeź w lesie semantycznym" – do którego będą się odwoływał skrót "ALS".⁴

Metoda systemów gentzenowskich, która jest w realizacji tego postulatu najbardziej zaawansowana, nie realizuje go w pełni (o czym mowa dalej), co jej odbiera charakter algorytmiczny. Tekst ALS wnosi jasność a tej sprawie, wyjaśniając, że metoda TA stanowi „algorytm systematycznego tworzenia tabel semantycznych” (w innej terminologii – analitycznych). Nie jest natomiast algorytmem w intencji Hilberta.

§5.2. Zobaczymy na rozważanym dalej przykładzie, pod jakim względem metoda TA dostarcza algorytmu, czyli mechanicznej procedury prowadzącej niezawodnie do realizacji zadania, a pod jakim odbiega od ideału algorytmiczności. Metoda TA jest w pełni algorytmiczna jako przepis na tworzenie drzewa rozbioru (czyli analizy) syntaktycznego. Nie jest natomiast algorytmem w intencji Hilberta z "Grundzüge der theoretischen Logik" (1928), to znaczy metodą, która by rozstrzygała o dowolnej formule logiki predykatów, czy jest tautologią, ewentualnie, formułą spełnialną. Są bowiem przypadki, kiedy procedura się nie zatrzymuje, czyli mamy do czynienia z formułą typu ZZZ (por. §5.1).

Jako przypadek do analizy bierzemy pewną prostą formułę, oznaczywszy ją symbolem F. (powtarzam tu wiadomości znane każdemu logikowi, ale całość recenzji będzie do wglądu dla wszystkich autorów, a nie wszyscy są z zawodu logikami).

$$F: \forall_x \exists_y Rxy \Rightarrow \forall_x Rax.$$

Sprawdzanie tautologiczności dokonuje się na sposób dowodu nie wprost. Jeśli zaprzeczenie formuły prowadzi do sprzeczności na każdej gałęzi (w przypadku non-F mamy tylko jedną) znaczy to, że formuła przecząca nie jest nigdy spełniona czyli jest kontrtautologią, a więc formuła zaprzeczana jest tautologią. Jeśli

zaś w którymś rozgałęzieniu wywodu nie pojawi się sprzeczność, a gałąź ma już koniec (doszedłszy do danych tak elementarnych, że się nie da dalej ich przetwarzać), znaczy to, że w jakiejś dziedzinie zaprzeczenie badanej formuły jest spełnialne, a zatem nie jest ona tautologią.

Dostajemy rozstrzygnięcie, na „tak” lub „nie”, gdy każda gałąź się zamyka na danych, jakimi są bądź formuły atomowe złożone ze stałych indywidualowych i predykatu, bądź negacje takich formuł. Obejmijmy je łącznie mianem *formuł elementarnych*. Do takiego stanu dochodzimy poprzez rozbiór syntaktyczny czyli analizę (stąd nazwa „analityczne”) formuły wziętej za punkt wyjścia czyli zaprzeczenia formuły, którą testujemy w kwestii tautologiczności. Poddamy tym operacją formułę:

$$NF: \neg(\forall_x \exists_y Rxy \Rightarrow \forall_x Rax).$$

Rozbiór formuły na składniki kierowany jest regułami opuszczania stałych logicznych.⁵

[NF]	$\neg(\forall_x \exists_y Rxy \Rightarrow \forall_x Rax)$	założenie (Z)
[1 _{za}]	$\forall_x \exists_y Ryx$	Z, $R(\neg \Rightarrow)$
[2 _{za}]	$\neg \forall_x Rax$	Z, $R(\neg \Rightarrow)$
[3]	$\neg Rab$	2, $R(\neg \forall)$
[4]	$\exists_y Rya$	1, $R(\forall)$
[5]	$\exists_y Ryb$	1, $R(\forall)$
[6]	Rca	4, $R(\exists)$
[7]	Rdb	5, $R(\exists)$
[8]	$\exists_y Ryc$	1, $R(\forall)$
[9]	$\exists_y Ryd$	1, $R(\forall)$
.....		

W ALS komentuje się tę sytuację następująco.

»Budowy tego drzewa zakończyć nie można, co powinno być wyraźnie widoczne po prześledzeniu kilku pierwszych kroków w powyższej konstrukcji. Rozważana formuła nie jest tautologią klasycznego rachunku predykatów.« – s. 23, odc. 4.4.1, s. 23 pod adresem: <http://logic.amu.edu.pl/images/8/8d/Semjez.pdf>.

Skąd ta oczywistość, oddana słowami „powinno być wyraźnie widoczne” albo – jak w pewnym podręczniku logiki – „it should be obvious”?⁶

Nie z mechanicznej procedury TA, bo ta zapętla się w nieskończoność, nie dostarczając konkluzji. Nie jest to też wynik obserwacji zmysłowej. Owszem, widzimy napisy, ale mamy świadomość, że maszyna będzie je produkować w nieskończoność, a tej nie ogląda się żadnym zmysłem.

Umysłowe przejście od oglądu konstrukcji drzewa do uświadomienia sobie nieskończoności wywodu oraz nie-tautologiczności formuły, jest przetwarzaniem u-informacji nie mającym wsparcia w algorytmie, a więc w procedurze przetwarzania danych. Nie każda zatem porcja u-informacji redukuje się do da-

⁴ Zob. <http://logic.amu.edu.pl/images/8/8d/Semjez.pdf>

⁵ Reguły te są podane i omówione w pracach, które wymieniam w przypisach 3 i 4

⁶ Thomas J. Richards, "The Language of Reason", Pergamon Press, 1978, s. 202.

nych. Ta myśl wydaje się ważnym dopowiedzeniem artykułu Stacewicza, uzyskanym dzięki TA, co go wiąże z artykułem Golińskiej. Wprawdzie ten drugi dotyczy TD a nie TA, lecz wzajemna przekładalność tych systemów upoważnia do przekonania, że do tego samego wniosku doprowadziłyby postępowanie w TD.

§5.3. Powyższy przykład należy do teorii elementarnej – klasycznej logiki predykatów pierwszego rzędu. Cenimy ją jako podstawę ładu myślowego, ale nie są to szczyty logiki. Obecny zaś odcinek pisany jest z intencją wykazania wielkiej mocy poznawczej logiki predykatów w dociekaniach filozoficznych, co powinno zachęcać do jego stosowania także w publikacjach serii "Informatyka a Filozofia".

W tym celu sięgniemy po problem, który w pierwotnej postaci należał do dorobku średniowiecznej scholastyki, a w nowożytności był dyskutowany przez takich klasyków, jak Descartes, Spinoza, Leibniz, Kant etc. W XXI wieku mamy na ten temat imponującą literaturę, o której obszernie informuje artykuł w Stanford Encyclopedia of Philosophy (zamieszczony w 2016). Wielość współczesnych ujęć i toczonych kontrowersji świadczy nie tyle o paśni teologicznej dyskusji, co o skomplikowaniu logicznym, z którą próbują zmierzyć się autorzy.

Największe wyzwanie i najbardziej wiarogodny test poprawności logicznej stanowi automatyzacja dowodu, a więc jego ujęcie w postaci algorytmicznej: tak, żeby do wniosku o istnieniu Boga (przy określonych przesłankach) mogła dojść maszyna Turinga. Osiągnięto to z sukcesem w co najmniej dwóch pracach datowanych w obecnym stuleciu. Obie rozwijają do imponujących rozmiarów zarys argumentacji pozostawiony przez Gödla w notatkach.⁷

Jedna z tych prac – pt. "Automating Gödel's Ontological Proof of God's Existence [...]" – uwieńczyła sukcesem pełnej automatyzacji, daje pojęcie o gigantycznej, wręcz niewyobrażalnej, złożoności logicznej problemu. Widać to z imponującej listy zastosowanych środków logicznych (logiki wyższych rzędów, wyrafinowane logiki modalne, semantyki możliwych światów etc.) oraz narzędzi informatycznych (wielka kolekcja programów z kategorii *prover* i *checker*).⁸

Mając takie pojęcie o skali przedsięwzięcia, wykorzystajmy to dla oszacowania, co potrafi w tej materii system TA. Otóż i w tej metodzie mamy do czynienia z porównywalnym majstersztykiem logicznym. Jest to dzieło Melvina Fittinga, autora należącego do czołówki mistrzów TA.⁹

Poświęcił on temu zadaniu cały tom. Na jego dziewięć rozdziałów składa się konstruowanie,

krok po kroku, należyście złożonego systemu logicznego, będącego kombinacją logik wyższych rzędów i modalnych, oraz odpowiedniej semantyki, żeby w dziesiątym, ostatnim, rozdziale dać w pełni sformalizowany zapis rozumowania Gödla.

Nie jest to dowód zautomatyzowany, jak u Benzmüllera. Autor z rozmysłem rezygnuje z tego kroku, być może dlatego, że wymagałoby to napisania osobnego drugiego tomu. Sam jednak fakt pełnej formalizacji w TA świadczy o teoretycznej możliwości automatyzacji, taka jest bowiem natura systemu TA. Reszta jest sprawą techniczną, wymagającą wysokiej specjalizacji na miarę światowej czołówki informatycznej, do której należy Benzmüller.

Oprócz dwóch wymienionych autorów, podejmowało rozbudowę argumentu Gödla, różnymi środkami, wielu znakomitych logików. Jest to bowiem jakby Mount Everest, o którego zdobycie kuszą się najlepsi wspinacze, przy czym jest to próba nie tylko ich umiejętności lecz także sprawności sprzętu. Studium Fittinga świadczy o tym, że wysoce sprawnym sprzętem jest system TA.

Czy system TD sprawdziłby się w zdobywaniu takiego szczytu w podobny sposób jak system TA w ujęciu Fittinga? Można się spodziewać, że tak, biorąc pod uwagę wzajemną „przekładalność” tych systemów, o której pisze Fitting we wspomnianym studium "Tableaus and Dual Tableaus" (por. §4.1 przy końcu). Idąc trasą „himalajską” przetartą przez Fittinga [2002], miałyby się zadanie do pewnego stopnia ułatwić. Byłoby to jednak, mimo wszystko, zadanie nader ambitne i mniej związane z tematyką omawianej Książki.

Główny jej problem wylania się wtedy, gdy za reprezentatywny przypadek przetwarzania danych weźmiemy przekształcanie napisów w rozumowaniu sformalizowanym, i przez to podatnym na automatyzację. Każde przetworzenie napisu pociąga przetworzenie zakodowanej w nim porcji informacji. Na tym polega redukcja przetwarzania informacji do przetwarzania danych.

Ten paralelizm się załamuje w przypadku napisów z kategorii ZZZ (mystery class), których istnienie i naturę ujawnia technika TA. Ich przetwarzanie nie skutkuje konkluzją, a pomimo tego dochodzi się do konkluzji dzięki „autonomicznemu”, to jest niezależnemu od operacji na danych, umysłowemu procesowi przetwarzania informacji. Na ile taki wynik jest intersubiektywny i na ile wiarogodny? To kwestia do przemyślenia w jakimś następnym studium. •

⁷ Był to fragment i jakby test jego wielkiego projektu uczynienia z filozofii nauki dorównującej ścisłością matematyce.

⁸ Zob. <http://page.mi.fu-berlin.de/cbenzmueller/papers/C40.pdf> – C. Benzmüller and W. Paleo, "Automating Gödel's Ontological Proof of God's Existence with Higher-order Automated Theorem Provers" w: ECAIT, Schaub et al. (eds.), IOS Press, 2014.

⁹ <http://aleteya.cs.buap.mx/~jvalle/papers/fitting/hiordmod.pdf> – pod tym adresem znajduje się wersja elektroniczna książki, która ukazała się drukiem jako: M. Fitting, "Types, Tableaus, and Gödel's God", Springer 2002. Uwaga! Niniejszy link nie łączy automatycznie, trzeba wkleić jego opis na pasek adresowy.

