

Jan Woleński

Informacja i semantyka

Filozofia Nauki 5/1, 59-64

1997

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Jan Woleński

Informacja i semantyka

Termin „informacja” jest używany w różnych znaczeniach. Matematyczna teoria komunikacji, sformułowana przez C. Shannona w latach czterdziestych naszego stulecia, dotyczy przesyłania sygnałów, np. impulsów w telekomunikacji. Sygnały takie nazywa się często „informacją” w sensie fizycznym. Potoczne pojęcie informacji utożsamia ją z wiadomością, czymś co ma znaczenie (lub też samo to znaczenie) i co można oceniać jako prawdę lub fałsz. Ponadto powiada się o informacji użytecznej, bezwartościowej, zawodnej czy wiarygodnej. Różne użycia terminu „informacja” nasunęły analogie z działami semiotyki: syntaksą, semantyką i pragmatyką. Analogia ta została zaproponowana już na początku rozwoju nauk o komunikacji: „Zestawienie trzech poziomów informacji z trzema odpowiadającymi im poziomami semantyki — syntaktycznym, semantycznym i pragmatycznym — może być pomocne. Możemy ograniczyć Wienera-Shannona statystyczną teorię informacji do poziomu syntaktycznego, gdyż w istocie rzeczy dotyczy ona znaków i statystycznych stosunków między nimi. Jednakże „informacja” w jej potocznym użyciu jest rozpatrywana jako informacja o czymś innym niż same znaki; jest ona rozważana jako odnosząca się do desygnatów (przedmiotów, ludzi, czasów, miejsc, zdarzeń, związków itd., w świecie zewnętrznym). Informacja angażuje też jej użytkowników (informatorów, doradców, redaktorów, kompilatorów encyklopedii, itd., a także tych, którzy działają na podstawie informacji). Te potoczne informacje są zasadniczo semantyczne i pragmatyczne.”¹ Sens powyższego cytatu nie jest całkowicie jednoznaczny. W szczególności nie jest jasne, czy C. Cherry ma na myśli trzy różne rodzaje informacji (syntaktyczną, semantyczną i pragmatyczną),

¹C. Cherry, *On Human Communication A Review, a Survey, a Criticism*, John Wiley and Sons, New York 1957, s. 226. Na obwolucie tej książki można znaleźć następującą informację: „Pierwsza monografia ujmująca związki pomiędzy różnymi studiami nad komunikacją.”

czy też trzy różne aspekty (syntaktyczny, semantyczny i pragmatyczny) jednego i tego samego «bytu» zwanego informacją.² Wszelako niezależnie od rozstrzygnięcia tej kwestii, odróżnienie rodzajów czy też poziomów informacji natychmiast prowadzi do kwestii ich wzajemnego stosunku. W dalszym ciągu ograniczę się do rozważenia tego problemu w odniesieniu do informacji fizycznej i informacji semantycznej (wiadomości).³ Będę przy tym mówił raczej o rodzajach informacji, a nie jej aspektach, chociaż decyzja w tej mierze nie ma specjalnego znaczenia w niniejszym kontekście.

Teoria informacji fizycznej ma charakter matematyczny, dzięki czemu umożliwia określenie ilości informacji niesionej przez dany sygnał.⁴ Owa ilość jest odwrotnie proporcjonalna do prawdopodobieństwa wystąpienia danego sygnału. Formalnie można to zapisać formułą:

$$(1) \quad c(s) = p(\text{non-}s) = 1 - p(s),$$

gdzie c — informacja, s — sygnał, p — prawdopodobieństwo. Chociaż formuła (1) wyraziście przedstawia intuicje podstawową, częściej stosuje się inny wzór dla wyrażenia ilości informacji, mianowicie

$$(2) \quad i(s) = -\log p(s),$$

gdzie i — ilość informacji niesiona przez sygnał s . Formuła (2) wiąże w elegancki sposób teorię informacji z termodynamiką.⁵ W szczególności, informacja jest odwrotnością entropii.

Teoria informacji semantycznej jest znacznie mniej rozwinięta od teorii opartej na (2). W szczególności, nie udało się dotychczas sformułować odpowiedniej miary dla informacji semantycznej, chociaż mamy w tej materii pewne intuicje wyjściowe. I tak np. wszyscy zgadzają się, że zdania są nośnikami informacji semantycznej. Ponadto:

(3) jeśli A i B są zdaniami, to $I(A) \geq I(B)$, o ile B jest logiczną konsekwencją A , gdzie $I(\)$ — informacja semantyczna zawarta w zdaniu figurującym wewnątrz nawiasu. Formuła (3) pociąga pewne ważne konsekwencje. Załóżmy, że X jest zbiorem zdań. Zbiór taki można zawsze uporządkować przez relację konsekwencji logicznej. Wynika z tego, że każdy zbiór zdań można też uporządkować wedle zawartości informacyjnej

²Odróżnienie informacji fizycznej i informacji semantycznej jest raczej powszechne. Rzadziej powiada się o informacji pragmatycznej. Czyni tak np. K. Szaniawski („Informacja”, [w:] *Filozofia a nauka Zarays encyklopedyczny*, pod red. Z. Cackowskiego, J. Kmity i K. Szaniawskiego, Ossolineum, Wrocław 1987, s. 244-251). Ten sam autor w innej (wcześniejszej) pracy mówi o pragmatycznym aspekcie informacji (por. „Pragmatyczna wartość informacji”, [w:] *Problemy psychologii matematycznej*, pod red. J. Kozielskiego, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1971, s. 325-347).

³Z powodów, które staną się jasne w dalszej części artykułu, posługuję się na razie terminem „informacja fizyczna”, a nie „informacja syntaktyczna”.

⁴Por. artykuły Szaniawskiego cytowane w przypisie 2, a zwłaszcza drugi z nich.

⁵Por. L. Brillouin, *Scientific Uncertainty and Information*, Academic Press, New York 1964, roz. I — oraz A. M. Jaglom i I. M. Jaglom, *Prawdopodobieństwo i informacja*, Książka i Wiedza, Warszawa 1963, roz. II. Wzór (2) jest szczególnym przypadkiem ogólniejszej formuły $i(k) = -pk \log pk$, gdzie p jest prawdopodobieństwem k -tej ewentualności w danym ciągu sygnałów. Ten właśnie wzór wiąże teorię informacji z termodynamiką.

jego elementów. Przypuśćmy, że ktoś nas pyta: jaki mamy dzisiaj dzień tygodnia? Jeżeli odpowiemy, że dziś jest środa lub nieprawdą jest, że dziś jest środa, to chociaż nasza odpowiedź jest niewątpliwie prawdziwa, to nie zawiera ona żadnej merytorycznej informacji. Znaczy to, że tautologie logiczne są puste informacyjnie. Jest to zgodne z (3), gdyż tautologie są konsekwencjami logicznymi dowolnych zdań, a więc mają minimalną, tj. zerową informację. Formuła (3) sugeruje też, aby sprzecznościom logicznym przypisać maksymalną wartość informacyjną, bo zdania sprzeczne logicznie pociągają każde zdanie. Jeśli ograniczymy się do zdań faktualnych (tj. nietautologicznych i niekontradiktorycznych), to ich wartość informacyjna jest tym większa, im są ogólniejsze lub bardziej precyzyjne. Zdanie (a) „każde S jest P ” niesie większą informację, niż zdanie (b) „niektóre S są P ”. Podobnie zdanie (c) „ x był w Krakowie w dniu 30 sierpnia 1993 r.” ma większą zawartość informacyjną od zdania (d) „ x był kiedyś w Krakowie”. I te dwa ostatnie przykłady są związane z zależnościami wedle konsekwencji logicznej, gdyż (a) implikuje (b), a (c) implikuje (d). Wszelako ufundowanie pojęcia *informacji semantycznej* na pojęciu *konsekwencji logicznej* prowadzi jedynie do porównawczej teorii tejże informacji. Wiemy, co prawda, że pewne zdania są mocniejsze informatywnie od innych zdań, ale nadal nie wiemy, poza przypadkami granicznymi (tautologie i sprzeczności logiczne), jak mierzyć ilość informacji semantycznej zawartej w poszczególnych zdaniach. Wielu autorów próbowało zbudować semantyczną teorię informacji analogiczną do teorii informacji fizycznej, ale usiłowania w tym zakresie trudno uznać za udane.⁶ Formuła (1) ma jasne zastosowanie tylko do przypadków granicznych. Wartości informacji semantycznej winny być wyrażane liczbami rzeczywistymi z przedziału $[0, 1]$, gdzie 0 i 1 oznaczają odpowiednio *minimum* i *maximum* informacyjne. Możemy przyjąć, że prawdopodobieństwa logiczne tautologii logicznej i sprzeczności logicznej wynoszą odpowiednio 1 i 0. Stosując (1) otrzymujemy, że $c(\text{tautologia}) = 0$ oraz $c(\text{sprzeczność}) = 1$. Wyznaczenie c dla innych przypadków zależy od uprzedniego rozwiązania kwestii prawdopodobieństwa logicznego zdań, co jest, jak wiadomo, rzeczą nadal otwartą. Nie ma więc dostatecznych podstaw, aby utożsamiać c (z formuły (1)) oraz I (z formuły (3)). Jeszcze mniej racji przemawia za utożsamieniem I oraz i (z formuły (2)), gdyż, jeśli $p(s) = 0$, to $i(s)$ jest w ogóle nieokreślone.⁷ Jeśli tylko chcemy utrzymać, że $k(\text{sprzeczność}) = 1$, to (2) nie może definiować miary dla informacji semantycznej.

Mimo trudności z ilościowym pojęciem *informacji semantycznej*, to pojęcie jest znacznie ważniejsze dla filozofii niż informacja fizyczna. Filozofowie są bowiem ży-

⁶Por. np.: R. Carnap i Y. Bar-Hillel, *An Outline of a Theory of Semantic Information*, Technical Report no 247 of the Research Laboratory of Electronics, Massachusetts Institute of Technology 1952; J. Hintikka, „On semantic information”, [w:] *Information and Inference*, ed. by J. Hintikka and P. Suppes, D. Reidel, Dordrecht 1970, s. 3-26. Omówienie usiłowań w tym zakresie dają m. in. C. Cherry, jw. roz. VI; Y. Bar-Hillel, *Language and Information Selected Essays on their Theory and Applications*, Addison-Wesley, Reading, Mass. 1964, cz. IV; D. Nauta, *The Meaning of Information*, Mouton 1972, s. 171-172 i 214-220.

⁷Por. K. Szaniawski, „Informacja”, jw., s. 245.

wotnie zainteresowani sytuacjami ujmowania treści niesionych przez rozmaite symbole. To, ile bitów ma dany sygnał, nie ma wielkiego znaczenia dla analizy filozoficznej, ale to, jakie jest jego znaczenie, ma. Filozofowie są również zainteresowani stosunkiem informacji semantycznej do informacji fizycznej. Wyjaśnia to taki oto przykład. Rozumienie jakiegokolwiek tekstu polega na jakiejś transformacji informacji fizycznej w informację semantyczną. Słowo „transformacja” jest niewątpliwie atrakcyjne, ale jego zastosowanie niewiele wyjaśnia. Być może natura operacji przeprowadzającej sygnały w znaczenia nigdy nie zostanie w pełni poznana od strony empirycznej, ale na pewno zawsze będzie pasjonowała filozofów. Nie mogą oni przy tym rozważać samej informacji semantycznej. Zdarza się bowiem, że percepcja tekstu nie uruchamia owej transformacji. Tak jest np. wtedy, gdy tekstu nie rozumiemy (bo np. nie znamy danego języka), chociaż wiemy, że jest to jakiś tekst. Wszelako nie zdarza się, aby informacja semantyczna bytowała bez swego fizycznego zaplecza. Dlatego właśnie wzajemny stosunek informacji semantycznej i informacji fizycznej jest ważny także jako problem ontologiczny. Problemy z ilościową teorią informacji semantycznej sugerują, że informacja tego rodzaju nie jest, przynajmniej na razie, redukowalna bez reszty do informacji fizycznej. Sadzę, że teza ta może być dodatkowo wzmocniona przy pomocy rozważenia stosunku między syntaksą a semantyką.

Na początku niniejszego artykułu zacytowałem pogląd Cherrego, że informacja fizyczna jest syntaktyczna. Analogia ta ma pewne podstawy, gdyż teoria informacji fizycznej i syntaksa abstrahują od znaczenia sygnałów. Wszelako na tym analogia się kończy. W szczególności, formalny aparat statystycznej teorii komunikacji z jednej strony i syntaksy (przynajmniej logicznej) z drugiej zasadniczo różnią się od siebie. Z tego powodu utożsamienie to bywa kwestionowane, nawet w bardzo radykalny sposób: „[...] przedstawianie Shannonowskiej (transmisyjnej) teorii informacji jako teorii informacji SYNTAKTYCZNEJ jest być może najpoważniejszym nieporozumieniem w dotychczasowej teorii informacji”.⁸ Nie potrafię ocenić, czy D. Nauta ma rację, używając kwalifikacji „najpoważniejsze”. Pomijając stopień dezaprobaty, wydaje mi się, że nie ma powodu, aby utożsamiać matematyczną teorię informacji z syntaksą, podobnie jak nie ma powodu uważać fonetyki za część syntaksy logicznej tylko dlatego, że analiza fonetyczna też abstrahuje od znaczenia wyrażen. Niemniej jednak, uważam, że z filozoficznego punktu widzenia stosunek informacji fizycznej do informacji semantycznej w dużej mierze odpowiada stosunkowi między składnią i semantyką, tak jak rzecz przedstawia się w świetle fundamentalnych twierdzeń metamatematycznych. Twierdzenia, które mam na myśli są następujące:⁹

⁸D. Nauta, *ju.*, s. 203. Nauta używa terminu „informacja syntaktyczna” w innym, niestety niezbyt jasnym znaczeniu. Nie będę się tym znaczeniem dalej zajmował.

⁹Kwestia stosunku syntaksy i semantyki jest szczegółowo omówiona w mojej książce *Metamatematyka a epistemologia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993, s. 85-96. Twierdzenia (4)-(6) są sformułowane w sposób nieformalny.

- (4) arytmetyka jest nierozstrzygalna (Church, 1936);
- (5) arytmetyka jest niezupełna (Gödel, 1931);
- (6) pojęcie prawdy arytmetycznej nie jest definiowalne w arytmetyce (Tarski, 1933).

Twierdzenia (4)-(6) zwane są limitacyjnymi, gdyż w pewnym sensie wyznaczają one granice metod czysto syntaktycznych w logice i podstawach matematyki. Technika arytmetyzacji składni uprawnia do identyfikacji metod syntaktycznych z arytmetycznymi. Weźmy teraz twierdzenie Tarskiego o niedefiniowalności prawdy. Znaczy ono, że prawda (najważniejsze z pojęć semantycznych) dla języków zawierających arytmetykę nie jest definiowalna metodami syntaktycznymi. Twierdzenie Gödla (w wersji semantycznej) powiada, że istnieją zdania prawdziwe, które nie są dowodliwe; odnotujmy, że pojęcie dowodu jest syntaktyczne. Twierdzenie Churcha głosi, że nie ma kombinatorycznego (syntaktycznego) testu dla własności bycia twierdzeniem arytmetyki. Z drugiej strony, semantyczne procedury teorio-modelowe mają walor uniwersalny. Każde z twierdzeń limitacyjnych informuje o jakimś ograniczeniu składni w stosunku do semantyki. W sumie możemy wyprowadzić taki oto wniosek:

- (7) jeśli teoria T zawiera arytmetykę, to $\text{SYN}(T) < \text{SEM}(T)$.

Znak $<$ w (7) może być różnie interpretowany: np., że metody syntaktyczne teorii zawierających arytmetykę są istotnie słabsze od metod semantycznych, co wprost wynika z twierdzeń limitacyjnych. Dla filozofii bodaj ciekawsze są inne interpretacje, np., że semantyka nie jest redukowalna do składni w tym sensie, że stosunki semantyczne definiowalne dla języka teorii T nie są bez reszty wyrażalne w syntaksie tegoż języka. Z uwagi na to, że każdy niebanalny język (może z wyjątkiem języka czystej logiki) zawiera arytmetykę, wniosek (7) ma bardzo ogólny walor.¹⁰

Zestawienie (7) z nieredukowalnością informacji semantycznej do informacji fizycznej nasuwa taką oto analogię:¹¹

- (8) $\frac{\text{informacja fizyczna}}{\text{informacja semantyczna}} \approx \frac{\text{syntaksa}}{\text{semantyka}}$

Dopiero ta analogia usprawiedliwia moim zdaniem zestawianie informacji fizycznej z informacją syntaktyczną.

Nieredukowalność informacji semantycznej do informacji fizycznej (syntaktycznej) ma ważne konsekwencje dla rozmaitych projektów redukcjonistycznych w duchu naturalizmu. W ogólności, projekty takie niemal w każdym wypadku postulują sprowadzenie informacji semantycznej do informacji fizycznej. (7) i (8) wprawdzie nie unieważniają redukcjonizmu, ale stanowią dla niego poważne wyzwanie. Metafora „informacja semantyczna w informacji fizycznej (syntaktycznej)” ma dość szerokie

¹⁰Metody syntaktyczne są ograniczone nawet w czystej logice, o czym świadczy twierdzenie Churcha o nierozstrzygalności rachunku predykatów I rzędu.

¹¹Por. A. Drozdek i J. Woleński, „Information, syntax, and semantics”, [w:] *Philosophy and the Cognitive Sciences*, Proceedings of the 16th Wittgenstein Symposium (w druku) — dla dalszych racji za tą analogią.

zastosowanie w filozofii, np. jej szczególnym przypadkiem jest popularna obecnie metafora „program w komputerze” używana dla współczesnego przedstawienia problemu psychofizycznego. Nieprzypadkowo poruszam ten temat. Wśród współczesnych modeli umysłu dużą popularność zyskał tzw. model komputacyjny, wedle którego aktywność poznawcza jest złożonym systemem obliczeń. Aktywność poznawcza jest tak przy tym pojmowana, że obejmuje także interpretację semantyczną. Wynika z tego, że operowanie informacją semantyczną również polega na obliczeniach. Wszelako teza taka jest dość wątpliwa wobec twierdzeń limitacyjnych, jeśli procedury obliczeniowe rozumie się zgodnie z tzw. tezą Churcha, tj. jako procedury rekurencyjne. Twierdzenia limitacyjne pokazują bowiem, że metody semantyczne nie redukują się bez reszty do procedur rekurencyjnych (kombinatorycznych). Niewykluczone, że umysł jest maszyną liczącą, ale nie jest to maszyna Turinga. Komputacyjny model umysłu wymaga nowej teorii procedur obliczeniowych, przekraczającej ograniczenia nałożone przez twierdzenia limitacyjne i metaforę „informacja semantyczna w informacji fizycznej”.