

Jarosław Boruszewski
Poznań

Maszyny i symbole (I) – semantyczne aspekty cybernetyki i automatyzacji

„Widzę, że czyta pan o cybernetyce?” – spytałem. „A tak, bardzo to jest trudne do zrozumienia.” „Idąc do pana wstąpiłem do księgarni, zapytałem, czy nic nie mają o semantyce. Nie mają nic” – powiedziałem. Oparł się na łokciu i popatrzył na mnie czujnie. „O jakiej semantyce? Co to jest?”

Michał Choromański, *Mała Galeria*, w: Warianty, Wydawnictwo Poznańskie, Poznań 1964, s. 33.

W artykule podejmuje się zagadnienie, które można streścić w pytaniu: czy maszyny i urządzenia techniczne operują lub mogą operować symbolami? Posługiwanie się symbolami jest bowiem charakterystyczne dla człowieka, odróżnia ono też świat ludzi od świata zwierząt. Problem ten rozpatruje się z punktu widzenia różnicy zachodzącej pomiędzy pojęciami symbolu i sygnału, a istotną częścią rozważań jest dyskusja nad znaczeniem i rozumieniem tego drugiego pojęcia. Niniejszy tekst jest pierwszą częścią cyklu objętego wspólną nazwą „Maszyny i symbole”. Zawiera on rozważania dotyczące cybernetyki, matematycznej teorii komunikacji, semiotyki przemysłowej oraz semiotyki. Przedstawienie to w znacznej mierze ma historyczny charakter, ponieważ obejmuje ono okres od lat 40. do pierwszej połowy lat 70. XX w. Prezentacje i dyskusje nowszych koncepcji, takich jak hipoteza fizycznego sytemu symbolicznego i koncepcja maszyny semiotycznej, zawarte będą w drugiej części planowanego cyklu.

Symbole i kultura

Za wprowadzenie w problematykę niniejszego artykułu może posłużyć poniższy fragment, który w bardzo dobrym stopniu objaśnia i określa zakres podejmowanych zagadnień.

W świetle współczesnych pojęć cybernetycznych i semiotycznych człowiek daje się opisać jako urządzenie, które dokonuje operacji na znakach i ich ciągach. Problem „ludzie czy maszyny” [...] i ściśle związany z nim problem „ludzie czy zwierzęta” [...] w znacznym stopniu sprowadza się do badania stosunku między następującymi trzema systemami znakowymi: systemami, którymi posługuje się społeczeństwo ludzkie, systemami znakowymi stosowanymi w nowoczesnych maszynach i sygnalizacją u zwierząt. (Iwanow 1975, s. 85)

Dla Ernsta Cassirera symbol jest kluczem do świata ludzkiej kultury, a człowiek to *animal symbolicum*. Rozważania tegoż filozofa osadzone są w problematyce dotyczącej odróżnienia sposobów komunikacji charakterystycznych dla zwierząt i człowieka. W przypadku ludzi system receptorów i efektorów (właściwy dla wszystkich gatunków zwierząt) jest zapośredniczony przez system symboliczny. W porównaniu do (innych) zwierząt człowiek żyje w innym wymiarze rzeczywistości – wymiarze symbolicznym właśnie. W przeciwieństwie do prostych reakcji na bodźce zewnętrzne ludzkie odpowiedzi są niejako opóźnione przez skomplikowane procesy natury myślowej. Nie sprowadza się to jednak do tego, że wszystkie zwierzęta zawsze reagują na bodźce w sposób prosty, bezpośredni i natychmiastowy. Występowanie ogniów pośrednich jest poświadczane chociażby przez znane eksperymenty Iwana Pawłowa. Aby problem ten przedstawić bardziej precyzyjnie, Cassirer odróżnia symbole od sygnałów:

Wydaje się faktem stwierdzonym, że w zachowaniu zwierzęcia odkrywamy dość skomplikowany system znaków i sygnałów. Możemy nawet stwierdzić, że niektóre zwierzęta, zwłaszcza domowe, są niezmiernie wrażliwe na sygnały. [...] Sławne eksperymenty Pawłowa dowodzą tylko tego, że można z łatwością wytresować zwierzęta tak, aby reagowały nie tylko na bezpośrednie bodźce, ale także na wszelkie rodzaje bodźców pośrednich albo reprezentatywnych. Dzwonek np. może stać się „sygnałem do obiadu” [...] Symboli we właściwym sensie tego określenia nie można sprowadzać do zwykłych sygnałów. Symbole i sygnały należą do dwóch różnych sfer przekazu. Sygnał jest częścią fizykalnego świata bytu, symbol jest częścią ludzkiego świata treści. Sygnały są operatorami, symbole zaś „desygnatorami”, „wyznacznikami”. Sygnały, nawet jeśli są rozumiane i stosowane jako takie, mają mimo wszystko coś w rodzaju fizycznego, czy materialnego bytu; symbole mają wartość jedynie funkcjonalną. (Cassirer 1998, s. 77-78 – podkr. J.B.)

Ważną jest to, że przejście od praktycznej inteligencji zwierząt do inteligencji symbolicznej człowieka ma charakter ciągły i procesualny. W tym względzie możemy też twierdzić, że przejście od sygnałów do symboli również może taki charakter posiadać, choć osiągnięcie wymiaru symbolicznego stanowi już pewnego rodzaju „skok do królestwa kultury”. Z symbolizmem związane są jeszcze dwie ważne cechy – uniwersalizm i zmienność. Uniwersalizm wyraża się w tym, że funkcja symboliczna nie jest ograniczona do poszczególnych przypadków, sytuacji i przedmiotów, a zmienność to możliwość wyrażania tej samej treści za pomocą odmiennych symboli:

Znak czy sygnał związany jest z rzeczą, do której się odnosi, w sposób ustalony i jedyny. Każdy konkretny i indywidualny znak odnosi się do jakiejś indywidualnej konkretnej rzeczy. [...] Zmienność, wszechstronność, nie zaś jednolitość charakteryzują prawdziwy ludzki symbol. Nie jest sztywny i nieelastyczny, lecz ruchomy. (Cassirer 1998, s. 85)

Różnica pomiędzy sygnałami i symbolami, zgodnie z podstawami filozofii kultury Cassirera, służy do wyraźnego odróżnienia komunikacyjnego zachowania zwierząt od komunikacji międzyludzkiej. W badaniach dotyczących repertuaru sygnalizacyjnych zachowań zwierząt sygnał definiuje się jako każdą czynność lub strukturę, która zmienia zachowanie innych organizmów, wyewoluowała z tego powodu i która jest efektywna, ponieważ reakcja odbiorcy jest również ewolucyjnie utrwalona (Maynard Smith, Harper 2003, s. 3). Warto dodać, że w badaniach tych przyjmuje się dwie ciekawe zasady. Pierwsza z nich głosi, że rozumienie sygnałów prostych jest umiejętnością wrodzoną, natomiast rozumienie sygnałów, które mają złożoną budowę, musi być wyuczone. Według drugiej z tych zasad mechanizmy wywołujące nadawanie sygnałów są o wiele mniej uwarunkowane doświadczeniem osobniczym, niż mechanizmy rozpoznawania sygnałów – nadawanie sygnałów jest zdecydowanie częściej umiejętnością wrodzoną, niż ich odbieranie (Burkhardt, Schleidt 1979, s. 28-29). Wspominany przez Cassirera Pawłow różnicę pomiędzy zwierzętami a człowiekiem, w interesującym nas tutaj kontekście, przedstawił, posiłkując się określeniem „sygnał sygnałów”:

Dla zwierzęcia sygnałami ze świata rzeczywistego są prawie wyłącznie podrażnienia i ich ślady w półkulach mózgowych. [...] Jest to pierwszy system sygnalizujący rzeczywistość, wspólny nam i zwierzętom. Słowo zaś stworzyło drugi, specjalnie nasz system sygnalizujący rzeczywistość; jest ono sygnałem pierwszych sygnałów. Liczne podrażnienia za pomocą słowa odsunęły nas od rzeczywistości. (Pawłow 1990, s. 159-160)

Pawłow przyznaje, że poziom językowy (rozumiany jako drugi obwód sygnalizacyjny) zapośrednicza relacje człowieka do rzeczywistości, a więc niejako odgradza nas od rzeczywistości empirycznej. Jednakże ów sygnał drugiego rzędu, to zdecydowanie coś mniej niż symbol – odniesienie przedmiotowe symbolu nie zawęży się do dziedziny bezpośredniego doświadczenia i jego rejestracji. Symbol nie odnosi się tylko do sygnałów pierwszego rzędu – nie jest tylko sygnałem sygnałów. Pojęcia symbolu i symbolizowania wymagają jeszcze pewnego doprecyzowania. Gdy mówimy o symbolizowaniu, to chodzi nam o związek natury myślowej, ukonstytuowany w taki sposób, że coś na mocy związków myślowych zastępuje coś innego. Postrzegając symbol, nie myślimy o nim, lecz o tym, co jest przez niego zastępowane. Związek symbolizowania ma charakter arbitralno-myślowy, czy też – jak się to często podkreśla – konwencjonalny. W tym sensie nie jest to związek obiektywny typu: przyczyna-skutek lub część-całość (w sensie fizycznym). Jeżeli tym, co symbolizowane jest pewna wartość, to mamy do czynienia z relacją symbolizowania aksjolo-

gicznego, natomiast gdy tym, co symbolizowane są przedmioty, własności lub stany rzeczy, to mamy do czynienia z relacją symbolizowania semantycznego – semantyczną relacją odniesienia przedmiotowego (Kmita 2005, s. 13-20). Problematyka niniejszego tekstu obejmować będzie zagadnienia dotyczące symbolizowania w sensie semantycznym.

Skoro sygnał należy do fizykalnego świata bytu, a symbol do ludzkiego świata treści, to należy zapytać, czy maszyny mogą operować symbolami? Postawienie takiego pytania jest jak najbardziej uzasadnione. Mówi się bowiem o *technologii symbolicznej* – przedsięwzięciu mającym na celu wytwarzanie i usprawnianie zewnętrznych symbolicznych artefaktów i urządzeń, które są przedłużeniem kultury materialnej. Zostały one jednak specjalnie zaprojektowane w celu wspomaganie ludzkiego myślenia, zapamiętywania i reprezentowania rzeczywistości (Donald 2000, s. 5). Współcześnie podstawowymi urządzeniami symbolicznymi są oczywiście komputery. Czy komputery operują symbolami? Keith Devlin, autor znanej i szeroko dyskutowanej książki *Żegnaj, Kartezjusz*, wyraził w tym względzie wątpliwości, które możemy streścić w dwóch punktach. Z jednej strony Devlin odwołuje się do bardzo znanego eksperymentu myślowego z chińskim pokojem autorstwa Johna Searle'a. Wniosek z tego eksperymentu jest taki, że komputery manipulują symbolami, które nie mają odniesienia przedmiotowego. Mamy tylko czysto formalny (syntaktyczny) opis tych symboli, który nie gwarantuje uchwycenia ich odniesienia do świata. Pod tym względem mamy sytuację niejako przeciwną względem problematyki dotyczącej sygnałów i symboli w kontekście odróżnienia świata zwierząt od kultury człowieka. Zwierzęta nie posługują się symbolami, ponieważ są ograniczone do repertuaru sygnałów empirycznych i ich zapisów. W tej sytuacji mamy coś przeciwnego – maszyny manipulują symbolami, które pozbawione są własności semantycznych i nie odnoszą się do rzeczywistych obiektów, nie „chwytają” świata empirycznego. Drugim punktem krytycznych rozważań Devlina jest zwrócenie uwagi na fakt, że choć powiada się, iż żyjemy w erze informacji, ściśle rzecz biorąc, jest to era *technologii informacji*. Potrafimy coraz efektywniej magazynować i przetwarzać informacje, ale mylimy często informację z jej nośnikiem. Czyli ściśle rzecz biorąc – magazynujemy i przetwarzamy nośniki lub reprezentacje informacji (np. słowa na papierze, bity na dyskach). O komputerach cyfrowych mówi, że są urządzeniami, które manipulują symbolami zgodnie z ustalonym zbiorem reguł. Ale czy w istocie tak jest?

Współczesny komputer cyfrowy jest urządzeniem fizycznym, skonstruowanym jako wysoce złożony obwód elektryczny. [...] My – konstruktorzy i użytkownicy komputerów – nazywamy symbolami (0 i 1) coś, co w istocie jest tylko pewnym szczególnym napięciem prądu w określonych częściach tego obwodu. [...] Obwód komputerowy został tak zaprojektowany, aby elektryczną aktywność komputera, [...] można było traktować jako manipulowanie przezeń symbolami [...]. Ale to już dzieje się w naszych umysłach, nie w komputerze. Innymi słowy, nie

tylko znaczenia, które przypisujemy symbolom lub słowom komputerowym są w istocie w naszych umysłach, nie zaś w komputerze, lecz nadto to samo jest prawdą nawet o podstawowym pojęciu symbolu. [Devlin 1999, s. 210]

Jeśli Devlin ma rację, to komputery nie przetwarzają symboli i informacji, lecz sygnały będące nośnikami informacji. Zarówno w starszej, jak i w nowszej literaturze przedmiotu sygnał jest właśnie definiowany jako *m a t e r i a l n o - e n e r g e t y c z n y n o ś n i k i n f o r m a c j i* – dowolna rzecz lub dowolne zdarzenie służące do przekazywania i przechowywania informacji (Steinbuch 1975, s. 35-37; Szaniawski 1987, s. 244; Nawrocki 2003, s. 56-61). Jednakże treść pojęcia sygnału nie wyczerpuje się tylko w tym określeniu, występuje bowiem różnorodność pojęć sygnału, którymi zajmę w dalszej części niniejszego tekstu.

O pojęciu sygnału

W literaturze przedmiotu spotykamy wiele definicji pojęcia sygnału, a właściwie należy mówić o wielości pojęć sygnału. Możemy je pogrupować w dwie kategorie. Pierwsza z nich obejmuje definicje sygnału odwołujące się przede wszystkim do relacji *n a d a w c a - s y g n a ł*, druga kategoria zawiera w sobie te definicje, które opierają się głównie na relacji *s y g n a ł - o d b i o r c a*. Przyznaje się przy tym, że pierwszy sposób jest częściej wykorzystywany w ramach humanistyki, natomiast drugi jest bardziej przydatny w naukach przyrodniczych i technicznych (Pelc 1984, s. 155-161). Weźmy pod uwagę drugą kategorię definicji sygnału. Należy do niej ważna i często przytaczana definicja Thomasa Sebeoka, według której „sygnał to znak, który mechanicznie (naturalnie) lub konwencjonalnie (sztucznie) wywołuje pewną reakcję w odbiorcy, którym może być organizm lub maszyna” (Sebeok 2001, s. 44). Do tej grupy należy także rozumienie sygnału przyjmowane przez Pawłowa: bodziec warunkowy (np. dźwięk dzwonka) jest sygnałem bodźca bezwarunkowego (zapach i wygląd pokarmu), a sygnał (dźwięk dzwonka) jest bodźcem uwarunkowanym tym, co sygnalizuje (pojawienie się pokarmu). Do pierwszej grupy definicji sygnału należy m.in. propozycja Charlesa Morrisa, według której sygnał to po prostu nie-symbol – ma on charakter oznaki naturalnej pozbawionej świadomej ingerencji ze strony nadawcy, tak jak np. puls jest oznaką życia organizmu. Definicja ta zaciera jednak istotną różnicę pomiędzy *s y g n a ł e m* a *s y m p t o m e m*, takim jak puls. Ciekawszym ujęciem sygnału z punktu widzenia obecnej problematyki jest propozycja Jana Muldera i Sandora Herveya. Na jej gruncie odróżnia się sygnały od symptomów, choć sygnałom również przypisuje się charakter oznaki naturalnej. Co jest jednak ważniejsze, sygnały dostarczają informacji za pomocą celowo wytworzonego przez człowieka urządzenia lub przyrządu sygnalizacyjnego (*signalling device*). Urządzenia te służą celom komunikacyjnym, a ich działanie polega na wykorzystaniu

pewnych procesów naturalnych – np. gwizdek zamontowany w czajniku sygnalizuje wrzenie wody poprzez zachodzenie związku przyczynowo-skutkowego i choć jest to konstrukcja wykonana przez człowieka, to sygnalizowanie to nie ma charakteru konwencjonalnego (Mulder, Hervey 1971, s. 329-330).

Mimo że brak jest zgody odnośnie znaczenia terminu „sygnał”, warto zwrócić uwagę na dwie kwestie zawarte w powyższych definicjach, które mają istotne znaczenie dla niniejszych rozważań. Pierwsza z nich to skojarzenie sygnału z obecnością urządzenia lub przyrządu sygnalizacyjnego; kwestia druga, to zwrócenie uwagi na fakt, iż odbiorcami sygnału mogą być także maszyny. Drugą z tych spraw rozpatrzę bliżej w dalszych rozważaniach, obecnie podejmijmy zagadnienie pierwsze. Współcześnie gdy słyszymy o urządzeniach sygnalizacyjnych, to w pierwszej kolejności myślimy o sygnalizatorach elektrycznych, czyli urządzeniach, które pod wpływem przepływu prądu elektrycznego wywołują sygnały akustyczne lub optyczne oddziałujące na aparat zmysłowy człowieka. Sygnalizator jest zatem przetwornikiem energii elektrycznej na energię akustyczną, świetlną lub mechaniczną. Jeśli układ sygnalizacyjny składa się z nadajnika, linii przesyłowej oraz odbiornika, to sygnalizatory stanowią zasadniczą część odbiornika, a w przypadku prostych urządzeń po prostu są odbiornikiem (Maciejczyk 1956, s. 11). Klasycznie wyróżnia się urządzenia sygnalizacji wywoławczej, alarmowej i informacyjnej. W kontekstach bardziej specjalistycznych, gdzie bliżej precyzuje się przeznaczenie systemów sygnalizacyjnych, odróżnia się sygnalizację wywoławczą od przywoławczej, oprócz sygnalizacji alarmowych wyróżnia się także sygnalizację ostrzegawczą i awaryjne (Markowski 2000, s. 71). Dla celów niniejszego artykułu nie jest jednak konieczne dokładne wyszczególnianie przeznaczenia poszczególnych systemów sygnalizacji. Interesuje nas przede wszystkim aspekt funkcjonalny tych systemów, a pod tym względem sygnalizacja przywoławcza jest sygnalizacją wywoławczą, a sygnalizacje awaryjne i ostrzegawcze możemy zaliczyć do szeroko rozumianej sygnalizacji alarmowej. W literaturze specjalistycznej zaznacza się też, że dźwiękowe systemy ostrzegawcze służą m.in. do generowania automatycznych alarmów ewakuacyjnych w strefach objętych zagrożeniem (Cudowski 2006).

Sygnalizacja wywoławcza to jeden z najprostszych systemów sygnalizacyjnych. Jej celem jest np. przywołanie lub rozkaz, a najbardziej znanym systemem sygnalizacji wywoławczej jest szkolna sygnalizacja dzwinkowa. Zastosowania sygnalizacji alarmowej również są bardzo dobrze znane – sygnalizacja pożarowa, włamaniowa, poziomu wody itp., a jednym z najbardziej znanych sygnalizatorów jest syrena alarmowa. Repertuar sygnalizatorów informacyjnych jest chyba najbardziej zróżnicowany – należą do niego m.in. różnego rodzaju tablice informacyjne (np. paletowe tablice informacyjne stosowane na dworcach kolejowych, w Polsce popularnie nazywane „pragotronami”), urządzenia syгна-

lizacji czasu oraz drogowe i kolejowe sygnalizatory świetlne. Każdy z systemów sygnalizacyjnych opiera się na pewnych ustaleniach i powinien cechować się jednoznacznością, jednak w przypadku systemów informacyjnych szczególnie zwraca się na to uwagę: „sygnał podawany przez urządzenie sygnalizacji informacyjnej musi być sygnałem umownym, rozpowszechnionym i niedwuznacznym” (Maciejczyk 1956, s. 111). W szczególności dotyczy to systemów, które opierają się na zastosowaniach języka naturalnego. Wymienione rodzaje sygnalizacji różnią się pod względem złożoności stosowanych kodów. W przypadku sygnalizacji wywoławczej kody te są bardzo proste, sygnalizacja alarmowa opiera się na kodach bardziej złożonych (np. sygnalizacja poziomu wody), sygnalizacja informacyjna wykorzystująca język naturalny jest pod tym względem najbardziej złożona. Systemy sygnalizacyjne informacyjne posiadają też bardziej dynamiczny charakter – zmienną, choć zawsze jednoznaczłą treść, co bardzo dobrze widać na przykładzie świetlnej sygnalizacji ulicznej. Dzięki temu steruje ona ruchem drogowym – jego płynnością, ale też reguluje zachowania człowieka: wywołuje jego zmiany, wpływa na podejmowanie odpowiednich działań lub ich zaniechanie. Przy takim ujęciu sygnał jest rozumiany jako znak, który w przeciwieństwie do symbolu, w sposób bezpośredni ma wpływać na działanie ludzi. Funkcją sygnału jest wtedy wywoływanie, zmiana lub zaniechanie określonych działań człowieka, a funkcję tę ma on pełnić w sposób umowny (arbitralny) i doraźny – konkretny sygnał ma spowodować dane, określone działanie konkretnych osób, które ów sygnał odbierają i znają stosowną konwencję (Schaff 1960, s. 259-263; Szolginia 1980, s. 49, 117). Problem relacji pomiędzy sterowaniem a sygnalizowaniem wymaga zatem bliższego rozpatrzenia. Należy zauważyć, że rozpatrywana klasa sygnałów emitowanych przez urządzenia lub przyrządy sygnalizacyjne nie wyczerpuje całości klasy zjawisk objętej pojęciem sygnału. Możemy jednak powiedzieć, że jest to podklasa niejako reprezentatywna. Sygnałami w kontekstach potocznych zwykle nazywamy to, co jest emitowane przez sygnalizatory.

Termin „sygnał” występuje w kontekstach bardziej specjalistycznych, takich jak neurofizjologia, telekomunikacja i sygnalizacja alarmu oraz w różnych koncepcjach semiotycznych. Owe specjalistyczne konteksty sygnału bywają także łączone z kwestiami semiotycznymi – np. Henryk Greniewski każde wyrażenie należące do pewnego języka nazywa sygnałem, choć nie każdy sygnał należący do jakiegoś kodu jest wyrażeniem. W przypadku komunikacji językowej mamy do czynienia z wyrażeniami i sygnałami, natomiast sygnały płynące od receptorów do ośrodkowego układu nerwowego i wysyłane przez mózg do efektorów wyrażeniami nie są. Autor zauważa, że oprócz tych ewidentnych sytuacji mamy sytuacje wątpliwe, czyli takie, gdy jest trudno stwierdzić, czy dany sygnał jest wyrażeniem, czy też nie jest. Do sytuacji takich zalicza działanie ulicznej sygnalizacji świetlnej, a nawet termometru, czy zegarka – mamy tu do czynienia z kodami

(np. skala termometru), „ale czy wszelkie (ew. niektóre) sygnały na przejściach z instrumentów obserwacyjnych do receptorów są wyrażeniami?” (Greniewski 1959, s. 134). W zawiązku z tymi rozważaniami powstają dwa bardzo ważne pytania. Po pierwsze, czy występowanie terminu „sygnał” zarówno w bardziej specjalistycznych kontekstach, jak i w rozważaniach z zakresu nauk społecznych i humanistycznych sprawia, że mówimy o tej samej klasie zjawisk? Po drugie, czy sygnalizowanie i sterowanie należy uznać za procesy ze sobą tożsame? Zagadnienia te zostaną podjęte w kolejnym akapicie, w tym miejscu warto odnieść się bezpośrednio do powyższej kwestii dotyczącej stosunków zachodzących pomiędzy sygnałami i wyrażeniami oraz kodami i językami. K o d y są systemami jednoklasowymi – opierają się tylko na jednej podstawowej kategorii syntaktycznej, podczas gdy języki są dwuklasowymi znaków – występują w nich dwie podstawowe kategorie syntaktyczne: nazwy i zdania. Znaki języka są wyrażeniami, natomiast – według propozycji Bogusława Wolniewicza – „znaki kodu to sygnały. Sygnał pod względem semantycznym przypomina zadanie, ponieważ odnosi się do określonej sytuacji, natomiast z punktu widzenia syntaktyki sygnał przypomina nazwę, gdyż jest znakiem prostym”. Jednoklasowość kodu nie wyklucza istnienia wszelkiego rodzaju kategorii pochodnych w rodzaju sygnałów pomocniczych – na przykład sygnałów wywoławczych. Kody i języki są zatem odmiennymi systemami znaków, choć każdy kod można zanurzyć w jakimś języku, a w każdym języku można zanurzyć wiele kodów. Posiada to ważny aspekt związany z funkcjonowaniem kodów, ponieważ kod przyporządkowany określonemu zbiorowi zdań danego języka – jego s z y f r – może być o wiele wygodniejszy w użyciu i umożliwić szybszą komunikację. Wspecjalizowany system sygnałów ma nad językiem przewagę zwięzłości (Wolniewicz 1980, s. 8-14). Najprostszy, a zarazem niezwykle istotnym przykładem kodu jest k o d b i n a r n y.

Przejdźmy do postawionych dwóch pytań. Kwestie te były przedmiotem rozważań Rościszława Pazukhina, który starał się wypracować, jak sam to określił, spójne rozwiązanie problemu sygnału. Jednocześnie odpowiada on negatywnie na drugie z pytań, które dotyczyło tożsamości procesów sterowania i sygnalizowania. Autor ten zauważył, że na gruncie nauk technicznych nie ma czegoś takiego jak sygnał rozumiany jako pojęcie teoretyczne – sygnał jest traktowany w sposób pragmatyczny i raczej naiwny. Poważne rozważania teoretyczne na ten temat przeprowadzane są na gruncie nauk społecznych i humanistycznych.

Można wyróżnić przynajmniej dwie definicje sygnału stosowane przez techników. Pierwsza z nich opiera się na przytaczanym już podejściu, zgodnie z którym sygnał jest dowolnym fizycznym zjawiskiem, które może służyć za nośnik informacji i staje się środkiem sterowania i regulacji. Druga definicja zwraca uwagę na parametry energetyczne sygnału. Stwierdza ona, że sygnał jest zjawiskiem, które zazwyczaj potrzebuje lub przekazuje mniej energii w porównaniu do regulowanego przezeń źródła energii. Łącznie definicje te stwierdzają, że sygnały

są zjawiskami fizycznymi, poprzez które źródło energii steruje innymi źródłami. Zjawiska te są scharakteryzowane przez pewne parametry energetyczne, które koniecznie przekraczają pewną minimalną granicę, ale są niższe od minimalnej energii dostarczanej przez kontrolowane źródła. Według Pazukhina takie pojęcie sygnału nie dostarcza odpowiedniej, wewnętrznej charakterystyki relacji *sygnał-odbiorca*, ograniczając się do powierzchniowego opisu tej relacji w kategoriach przyczynowo-skutkowych. W ten sposób nie wyodrębnia się sygnałów w postaci specjalnej klasy zjawisk – nie odróżnia się sygnałów od nie-sygnałów – skoro każda przyczyna może być rozpatrywana jako sygnał, to w świecie istnieją tylko sygnały (Pazukhin 1972, s. 25-27). Takie szerokie pod względem zakresu ujęcie sygnału ma swoją reprezentację w literaturze. Mieczysław Lubański proponuje wyróżnić dwa znaczenia interesującego nas terminu. W węższym sensie sygnały są wydawane przez żywe organizmy i zbudowane przez człowieka maszyny. W szerokim, preferowanym przez autora, ujęciu sygnał jest po prostu rodzajem fizycznego stanu obiektu. Nadawcami i odbiorcami tak pojętych sygnałów są dowolne obiekty generujące i reagujące na sygnał – obiekt lub jego stan przekazywany od nadawcy do odbiorcy. Przy takim ujęciu sygnału rozpatrując transmisję informacji nie nakłada się żadnych warunków wstępnych związanych z aktualnym istnieniem nadawcy i odbiorcy. Wymaga się tylko istnienia sygnału dostosowanego do przesyłania informacji, a sygnał niesie informację sam z siebie. Sygnał i informacja są wtedy nieodłącznie związane (Lubański 1982, s. 267-269).

Swoją propozycję definicyjną Pazukhin opiera na odróżnieniu czynności i zachowań praktycznych od czynności i zachowań sygnalizacyjnych. W przypadku tych pierwszych mamy do czynienia z oddziaływaniami przyczynowo-skutkowymi, które przenoszą masę lub energię od przyczyny do skutku. W przypadku sygnalizowania nie mamy do czynienia z takimi procesami, stąd też działania sygnalizacyjne rozumie się jako procesy sterowania. Należy jednakże zwrócić szczególną uwagę na to, że „sygnalizowanie” i „sterowanie” nie są synonimami. Procesy sterowania, które mają charakter czynności praktycznych, opierających się w pełni na zależnościach przyczynowych nie są aktywnością sygnalizacyjną. Należą do nich wszystkie procesy sterowania bezpośredniego, a także znaczna część procesów sterowania za pomocą urządzeń blokująco-uwalniających (*block-and-release devices*), takich jak np. hamulec samochodowy. O sterowaniu przez sygnalizowanie (*control by signalling*) mówimy wtedy, gdy osoba sterująca ma duży stopień autonomii względem źródła energii i sterowanych procesów – gdy nie wchodzi ona bezpośrednio w zależności przyczynowo-skutkowe w procesie sterowania. Z sytuacją taką mamy do czynienia, gdy pomiędzy systemem czynności operatora oraz systemem zmian, jakim podlega sterowany obiekt zachodzi mechanizm pośredniczący (np. zmiany stanów przyrządów sterowniczych i serwomechanizmów). Mechanizm ten działa jak pewnego rodzaju zapora, dzięki której nie ma bezpośredniego transferu energii pomiędzy tymi dwoma sys-

temami. Definicja sygnału zaproponowana przez Pazukhina brzmi wtedy następująco: „sygnał jest zjawiskiem fizycznym, które wywołuje reakcje w mechanizmach i organizmach, nie będąc przyczyną tych reakcji”. Tę własność sygnałów należy traktować jako ich cechę konstytutywną, pozostałe wymieniane w literaturze cechy sygnałów, takie jak: obecność pewnej ilości energii, przekazywanie informacji o czymś oraz to, że sygnały są wysyłane przez żywe stworzenia takimi cechami nie są. Bycie sygnałem jest także cechą relatywną – *ż a d n e f i z y c z n e z j a w i s k o n i e j e s t z n a t u r y s y g n a ł e m*. Ponadto sygnały stanowią pewnego rodzaju węzłowy punkt, gdzie przecinają się obszary zainteresowań różnych dziedzin wiedzy (m.in. semiotyki, cybernetyki, psychologii, fizjologii, socjologii, etnologii). Sygnały stosowane są także na trzech poziomach interakcji: mechanicznym, fizjologicznym i aksjologicznym. Ten ostatni poziom leży w obszarze zainteresowań lingwistyki i semiotyki (Pazukhin 1972, s. 41-43).

Cybernetyka i matematyczna teoria komunikacji a semantyka

Sytuacja przedstawiona w opowiadaniu Michała Choromańskiego, z którego cytaty posłużył za motto niniejszego artykułu, wskazuje na pewien związek pomiędzy cybernetyką a semantyką. Specyficznego wymiaru tej sytuacji dodaje okoliczność, że we wspomnianej księgarni, słysząc słowo „semantyka”, księgarz pomyślał, że „to coś o artylerii”! A przecież „ojciec” cybernetyki – Norbert Wiener – w czasie II wojny światowej pracował nad udoskonaleniem urządzeń do sterowania artylerią przeciwlotniczą, co nie było obojętne dla opracowania przezeń podstaw cybernetyki. Zgodnie z definicją Wienera cybernetyka zajmuje się sterowaniem i komunikacją w zwierzęciu i maszynie. Określenie to zawiera dwie istotne kwestie. Pierwsza z nich to zaklasyfikowanie razem sterowania i komunikowania, ponieważ według Wienera obydwie procesy polegają na przekazywaniu informacji, które – choć wyrażane w innych trybach – są zasadniczo takie same pod względem techniki przekazywania tych informacji. Druga kwestia to wspólne odniesienie procesów przekazywania informacji zarówno do organizmów żywych, jak i do maszyn.

Gdy wydaję rozkaz maszynie, sytuacja nie różni się w sposób istotny od tej, kiedy wydaję rozkaz człowiekowi. Innymi słowy, jeżeli chodzi o moją świadomość, zdaję sobie sprawę z tego, że rozkaz został wysłany i że sygnał o jego wykonaniu powrócił do mnie. Fakt, że sygnał został w fazie pośredniej przekazany przez maszynę, a nie przez osobę, jest dla mnie nieistotny i nie zmienia zbytnio mojego stosunku do sygnału. (Wiener 1961, s. 17)

Wiener, rozważając sytuacje komunikacyjne, zwraca jednak uwagę na różnice zachodzące pomiędzy komunikowaniem się zwierząt a komunikacją pomiędzy ludźmi. Tę drugą, w przeciwieństwie do pierwszej, charakteryzuje zdolność

tworzenia symboli oznaczających klasy przedmiotów i relacje zachodzące pomiędzy tymi przedmiotami. Zauważa jednak, że komunikacja nie jest wyłącznym atrybutem istot żywych – porozumiewanie się człowieka z maszyną, maszyny z człowiekiem i maszyny z maszyną jest w pełni możliwe. W pewnym sensie każdy układ porozumiewania się zakończony jest maszyną, a w przypadku zwykłej komunikacji językowej jest to szczególna maszyna, którą jest organizm ludzki. Takie *mechanomorficzne* podejście do zagadnienia komunikacji prowadzi do pewnego rodzaju integracji cybernetyki i semantyki, co posiada istotny związek z cybernetyczną wykładnią zasady wzrostu entropii. W miarę wzrostu entropii, świat i wszelkie układy zamknięte w świecie wykazują naturalną tendencję do przechodzenia od stanu najmniej prawdopodobnego do najbardziej prawdopodobnego – od zorganizowania i różnicowania do stanu chaosu i jednakowości. Podczas gdy świat jako całość (o ile świat istnieje jako całość) ma tendencję do dezorganizacji, to lokalnie istnieją enklawy ograniczonej, czasowo wzrastającej organizacji. Enklawami tymi są organizmy i konstruowane przez człowieka maszyny. Sygnały służące do sterowania i komunikowania się są uporządkowane i zorganizowane, a zbiory sygnałów posiadają własną entropię. Entropia jest miarą dezorganizacji, natomiast informacja przekazywana przez zbiór sygnałów jest miarą organizacji – entropią ze znakiem ujemnym. Informacja jest treścią czerpaną z zewnętrznego świata w procesie przystosowywania się do niego, a oddziaływanie człowieka na zewnętrzne otoczenie też jest oddziaływaniem informacyjnym.

Rozkazy, za pomocą których kierujemy naszym środowiskiem, są pewnego rodzaju informacjami udzielanymi temu środowisku. Jak wszelki rodzaj informacji, rozkazy te podlegają dezorganizacji w czasie ich przekazywania. Dochodzą one zwykle w postaci mniej składowej, niż były wysłane. Przy kierowaniu i komunikowaniu się musimy stale zwalczać [...] skłonność entropii do zwiększania się, czyli skłonność natury do psucia tego, co zorganizowane, i do niszczenia tego, co posiada jakiś sens. (Wiener 1961, s. 17)

Przeciwdziałanie skłonności do wzrostu entropii ma zatem ważny aspekt treściowy – rosnąca entropia jest też niszczeniem sensu przesyłanego przez zbiory sygnałów. Jak sugestywnie pisze wybitny cybernetyk, język niejako walczy z tendencją natury do wzrostu entropii lub świadomymi dążeniami ludzi do zakłócania komunikacji i wypaczania sensu przekazywanych wiadomości. Zgodnie z zasadą wzrostu entropii wszelkie przekazywanie wiadomości oraz wtrącanie się do tego procesu zmniejsza ilość przekazywanych informacji, o ile nie wprowadza się informacji dodatkowych. Ważna jest zatem nie tyle ilość informacji wprowadzonej do kanału komunikacyjnego, ale to, co z informacji tej pozostanie po przejściu przez ów kanał i co jest w stanie wywołać odpowiednią reakcję i działanie. Końcowa maszyna jest traktowana jako pewnego rodzaju filtr nałożony na linię transmisyjną, a z cybernetycznego punktu widzenia informacja semantyczna określa to, co przedostanie się zarówno przez linię transmisyjną oraz filtr, a nie

tylko przez linię. Cybernetyczne procesy sterowania i komunikowania się wymagają zatem semantycznej analizy znaczeniowej nadawanych i odbieranych sygnałów.

Zarówno w maszynie, jak i u człowieka informacja o znaczeniu semantycznym jest informacją przedostającą się poprzez mechanizm wyzwalający w systemie, który ją odbiera pomimo wysiłków człowieka lub natury, aby do tego nie doszło. Z punktu widzenia cybernetyki semantyka ustala zakres znaczenia i przeciwdziała jego zanikowi w systemie komunikacyjnym. (Wiener 1961, s. 103)

Zgodnie z myślą Wienera uwzględnienie semantycznego aspektu cybernetycznego procesu przesyłania informacji pozwala na ustalenie znaczenia przekazywanych komunikatów i niejako jego ochronę przed nieuniknionymi wpływami różnego rodzaju zakłóceń. Inaczej kwestia ta wyglądała na gruncie „siostrzanej” teorii cybernetyki – matematycznej teorii komunikacji Claude’a Shannona, którą nazwano później „teorią informacji”. Przedmiotem teorii Shannona były problemy natury telekomunikacyjnej związane przede wszystkim z transmisją informacji. Na jej gruncie wprost abstrahuje się od semantycznych aspektów komunikacji – bezpośrednio stwierdza się, że „semantyczne aspekty komunikacji są nieistotne dla technicznych problemów przesyłania wiadomości” (*semantic aspects of communication are irrelevant to the engineering problem*) (Shannon 1964, s. 31). Ten aspekt wzbudzał liczne kontrowersje. Heinz von Foerster zwrócił uwagę na to, że informacja nawet w technicznym sensie nie może być odseparowana od znaczenia bez znaczących konsekwencji dla procesów jej rozumienia. Uważał, że nie można używać słowa „informacja” w sytuacjach, gdzie nie ma w ogóle informacji, a tylko przepływ sygnałów – zamiast o teorii informacji powinno mówić się o teorii sygnałów. W trakcie technicznego procesu przesyłu wiadomości mamy do czynienia z „pikami” (*beep beeps*), w których nie ma informacji – pojawia się ona przy przekształceniu zbioru sygnałów w inne sygnały, które mogą być zrozumiane przez ludzki mózg. W późniejszym okresie (lata 80. XX w.) Shannon i jego żona Betty bronili decyzji o odseparowaniu matematycznej teorii komunikacji od „starych” filozoficznych dyskusji dotyczących znaczenia i „nowych” teorii semantycznych. Jednocześnie zaznaczali, że była to teoria komunikacji, a nie teoria informacji – Shannon swojej teorii nie nazwał teorią informacji (Conway, Siegelman 2005, s. 171-194).

W swojej fundamentalnej pracy autor matematycznej teorii komunikacji posługuje się zarówno terminami „sygnał”, jak i „symbol”. Pojęcie sygnału jest bardziej podstawowe. W schemacie systemu komunikacyjnego mamy następujące elementy: źródło wiadomości, przekaźnik, kanał komunikacyjny transmitujący sygnał, który jest zakłócany przez szum, odbiornik oraz przeznaczenie – adresata przekazu. Źródło informacji generuje wiadomości lub sekwencje wiadomości, które mają być przekazane do terminala odbiorczego. Wiadomości te mogą być różnych typów, np. sekwencje liter, jednoargumentowe funkcje czasu (radio, telefonia), funkcje wieloargumentowe (telewizja), itd. Przekaznik przekształca wiadomość w sygnał odpowiedni do transmisji przez dany kanał komunikacyjny.

Kanał transmituje sygnał z przekaźnika do odbiornika, który wykonuje odwrotne operacje w stosunku do przekaźnika – rekonstruuje wiadomość z otrzymanego sygnału. Odróżnia się dyskretne i ciągłe systemy komunikacyjne. W przypadku tych pierwszych wiadomość i sygnał są sekwencją dyskretnych symboli, w przypadku tych drugich wiadomość i sygnał są traktowane jako funkcje ciągłe. W przypadku telegrafii, która jest dyskretnym systemem komunikacyjnym, przekazy składają się z sekwencji liter, źródło generuje wiadomość symbol po symbolu, natomiast sygnały mają postać sekwencji kropek (impulsów krótkich), kresek (impulsów długich – trzykrotności impulsów krótkich), krótszych przerw literowych i dłuższych wyrazowych (Shannon 1964, s. 33-36). Zatem według Shannona w trakcie procesu komunikacyjnego z symbolami mamy do czynienia w przypadku systemów dyskretnych, omawiając systemy ciągłe, pojęciem symbolu Shannon się nie posługuje.

Warren Weaver – popularyzator teorii Shannona – w podobny sposób posługiwał się pojęciami sygnału i symbolu, wprowadził jednakże pewną terminologiczną hybrydę taką, jak symbol sygnałowy (*signal symbol*). Zastosował ten termin w kontekście problemu szumu w systemach dyskretnych, gdy rozważał stosunek symboli wiadomościowych (*message symbols*) generowanych przez źródło informacji do aktualnie odbieranych symboli sygnałowych. Autor ten zaproponował także pewne możliwe rozszerzenia matematycznej teorii komunikacji o elementy natury semantycznej. Schemat systemu komunikacyjnego wymaga wtedy pewnych uzupełnień. Pierwszym z nich jest wprowadzenie odbiornika semantycznego, który byłby umieszczony pomiędzy odbiornikiem technicznym, który przekształca transmitowane sygnały w wiadomości, a przeznaczeniem (adresatem) komunikatu. Drugie uzupełnienie polega na uwzględnieniu wpływu, obok szumu technicznego, także szumu semantycznego. Szum techniczny zakłóca sygnał transmitowany kanałem komunikacyjnym, natomiast poziom szumu semantycznego występuje pomiędzy źródłem informacji a nadajnikiem. Uwzględnia się tu zakłócenia i zniekształcenia znaczenia wiadomości, które nie są zamierzone przez źródło i mają wpływ na przeznaczenie komunikatu. Dekodowanie semantyczne powinno uwzględniać wpływ szumu semantycznego na znaczenie wiadomości (Weaver 1964, s. 19-26).

W kontekście interesującego nas zagadnienia warto sprawdzić jak pojęcia sygnału i symbolu funkcjonują w pracach, których tytuły i zakresy poruszanych w nich zagadnień sugerują, że możemy się czegoś na ten temat dowiedzieć. Pierwszą z nich niech będzie mała książeczka Zdzisława Pawlaka *Sygnały, symbole, maszyny*. Praca ta posiada charakter popularyzatorski, więc być może nie jest dziwne to, że nie podaje się w niej żadnych definicji symbolu i sygnału. Ciekawe jest natomiast to, że pojęć tych używa się zamiennie. Autor, omawiając działanie automatów skończonych, które skrótowo określił jako „maszynki” do przetwarzania sygnałów lub symboli, zawarł następującą wypowiedź:

Alfabetem automatu może być dowolny (skończony) zbiór jakichkolwiek symboli, np. liter czy cyfr, jak również zbiór sygnałów elektrycznych itd. Natura fizyczna tego zbioru w tej chwili nas bliżej nie interesuje. Przyjmujemy tylko, że automat potrafi „rozdzielić” wszystkie przychodzące na jego wejście symbole czy sygnały. (Pawlak 1966, s. 72)

Jest to właściwie jedyne pojawiające się odróżnienie symboli i sygnałów, a autor posługuje się głównie terminem „symbol”. Możemy się domyślać, że sygnały są wtedy rozumiane jako twory w pewien sposób dynamiczne, „aktywne” (impulsy elektryczne), a symbole to coś jakby statycznego, „pasywnego” (litery, cyfry). Ten aspekt sygnałów znajduje swoje potwierdzenie w literaturze, gdzie pomimo różnych ujęć pojęcia sygnału, sygnałom przyznaje się dynamiczny charakter. Według Wolniewicza sygnał jest sytuacją – a nie rzeczą, natomiast według Lubańskiego sygnały istnieją wtedy, gdy przepływają – są procesami i nie istnieją w spoczynku (Wolniewicz 1980, s. 20; Lubański 1982, s. 271). Kolejną pracą, bardziej zaawansowaną tematycznie, niech będą *Symbole, sygnały i szумы* autorstwa Johna R. Pierce’a. W pracy tej również nie definiuje się ani symboli, ani sygnałów i również pojęcia te bywają stosowane zamiennie – np. przy omawianiu telegrafii różne wartości prądu stosowane do przesyłania komunikatów raz nazywa się symbolami, a raz sygnałami. Nie w każdym jednak kontekście możliwa jest wzajemna zastępowalność tych dwóch pojęć bez zmiany sensu wypowiedzi. Jest to widoczne przy uwzględnieniu problematyki zakłócania sygnałów przez szумы: „przesyłany sygnał jest zakłócany przez szумы. Utrudnia to rozróżnianie poszczególnych symboli” (Pierce 1967, s. 48). Należy zwrócić uwagę na to, że przez dany obwód płyną sygnały, a nie symbole, a sygnały te (sygnały użyteczne) są zakłócanie przez pewne sygnały dodatkowe, czyli szумы – s z u m y t e c h n i c z n e n i e s ą s y m b o l a m i .

Przy przekazywaniu wiadomości możemy posługiwać się dodatnimi i ujemnymi impulsami prądu. Jeżeli do takiego sygnału dodaje się silny szum, mający również postać dodatnich i ujemnych impulsów, to może się zdarzyć, że pewne dodatnie impulsy sygnału zmieniają się na ujemne lub odwrotnie. Nadając pewien symbol przez taki kanał z zakłóceniami nadawca odczuwa niepewność co do tego, jaki symbol zostanie odebrany przez adresata. (Pierce 1967, s. 212-213)

Zadaniem matematycznej teorii komunikacji było eliminowanie niepożądanego wpływu szumu (np. poprzez wprowadzanie do wiadomości informacji redundantnych, które umożliwiają korekcję błędów), jednakże zagadnienie to pokazuje, że nie powinno się utożsamiać sygnałów i symboli. Problem stosunku pojęć sygnału i symbolu w kontekście pojęcia szumu pojawia się także w wydanym w 1958 r. radzieckim podręczniku do cybernetyki, autorstwa J.A. Poletajewa, którego oryginalny tytuł brzmiał *Signal* (niezachowany w tłumaczeniach na inne języki, w tym polski). Praca ta zmieniła sposób postrzegania cybernetyki w Związku Radzieckim, ponieważ początkowo cybernetyka była atakowana jako nieludzka nauka o burżuazyjnym charakterze. W pracy tej sygnał jest uważany za podstawowe pojęcie cybernetyczne i określane jako proces fizyczny będący no-

śnikiem informacji. Przy bliższym objaśnieniu sprawa nie przedstawia się jednak tak prosto. Sygnał jest wywołany przez pewne zdarzenie lub działanie, względem którego posiada następnie swój samodzielny byt. Samodzielność ta nie zależy od samego sygnału, lecz od praw rządzących zorganizowanym układem, w którym on występuje. Ponadto sygnał jest zawsze wcielony w pewien materialny obiekt lub proces, przez co może zostać utrwalony, odtwarzany i przesyłany. Sygnał z jednej strony jest niezależny od wywołującego go zdarzenia, z drugiej strony jest on zależny od praw rządzących układem, w którym występuje. Poza tym układem sygnał może zachować swoje własności fizyczne, traci jednak właściwe cechy sygnału – związek z wywołującym go zdarzeniem, możliwość jego zrozumienia oraz zdolność wywoływania odpowiedniej reakcji. W końcowej fazie swego istnienia sygnał przekształca się w działanie lub zdarzenie – oddziałuje na obserwatora lub nieożywiony układ fizyczny i wywołuje reakcję tego obserwatora lub układu. Obrazując pewne cechy wywołującego go zdarzenia, sygnał może wywoływać zbliżoną reakcję, do tej, która byłaby wywołana samym zdarzeniem. Sens sygnału polega na izomorficznym zobrazowaniu pewnych cech zewnętrznych zdarzeń, choć wiadomość zawarta w sygnale jest zawsze uboższa od samego zdarzenia. Sygnał opisuje tylko niektóre aspekty sygnalizowanego zdarzenia, istotne z perspektywy układy cybernetycznego, w którym występuje (Poletajew 1961, s. 26-34). Mimo, że pojęcie sygnału jest traktowane jako fundamentalne pojęcie cybernetyczne, nie jest możliwe obejście się bez pojęcia symbolu:

Mając, z jednej strony, pewne zdarzenie lub zjawisko i zbiór możliwych „stanów” tego zjawiska i, z drugiej strony, sygnał i zbiór jego stanów czy symboli i ustalając odpowiedniość elementów tych dwóch zbiorów, przypisujemy tym samym każdemu symbolowi sygnałowemu jego „sens”, to znaczy odpowiadający mu konkretny stan opisywanego zdarzenia. Przesłanie określonego sygnału stanowi wybór jednego symbolu albo elementu z całego zbioru możliwych symboli. (Poletajew 1961, s. 34)

Poletajew, podobnie jak Weaver, także posługuje się hybrydalnym pojęciem symbolu sygnałowego. Różnica sygnał-symbol pojawia się także ponownie w kontekście różnicy pomiędzy sygnałami dyskretnymi a ciągłymi. Sygnały dyskretnie składają się z odrębnych i wyraźnie zróżnicowanych symboli, a dwa sygnały analogowe mogą różnić się od siebie dowolnie mało. Inny kontekst to znany już też problem szumu zniekształcającego sygnał. Poziom szumu określa granice rozróżnialności poszczególnych s y m b o l i s y g n a ł u (Poletajew, 1961, s. 42-45).

Automatyzacja i semiotyka przemysłowa

Zarys semiotyki przemysłowej został nakreślony przez Pierre’a Naville’a – żyjącego w latach 1904–1993 francuskiego socjologa, zaangażowanego nie-

gdys w poczynania surrealistów, a potem w lewicową myśl polityczną. U podłoża koncepcji semiotyki przemysłowej leżą podejmowane przez tego autora, socjologiczne, psychologiczne, a także filozoficzne rozważania dotyczące automatyzacji procesów produkcji przemysłowej. Według Naville'a wraz z postępującą automatyzacją linii produkcyjnych stosunek pomiędzy czynnościami operatorów maszyn a operacjami maszyn staje się coraz bardziej pośredni. Operator w coraz mniejszym stopniu zajmuje się poszczególnymi operacjami maszyny, kontroluje je natomiast za pomocą interpretacji sygnałów pomiarowych i kontrolnych. Jednakże interpretacja tych sygnałów również staje się coraz bardziej pośrednia, ponieważ w coraz większym stopniu odbierane są one nie przez ludzi, lecz przez automatyczne układy sterujące. Człowiek analizuje sygnały pomiarowe i kontrolne, a w razie konieczności interweniuje w proces produkcji, dzięki czemu zyskuje możliwość całościowej kontroli nad cyklem produkcji. Z drugiej jednak strony następuje swoista dysocjacja pomiędzy operacjami ludzi i operacjami maszyn – operator coraz bardziej wyobcowuje się z działania maszyny, traci bezpośredni kontakt z materiałem. Kontakt ten można odzyskać na wyższym szczeblu zrozumienia – za pośrednictwem pomiarów i sygnałów. Jest to tylko możliwość, ponieważ w praktyce można poprzestać na poznaniu sygnałów bez dociekania, co się za nimi kryje (Naville 1968, s. 197-200). W procesie automatyzacji sterowanie, nadzór i kontrola operacji urządzeń odbywa się poprzez zastosowanie systemów znaków, które interpretują pewne stany tych urządzeń. Obok języka wewnętrznego maszyn liczących występuje także odrębny język, który objaśnia funkcjonowanie maszyny, a który operatorzy tłumaczą na język człowieka. W systemach zautomatyzowanych czynności ludzkie w dużej mierze przesunięte są w stronę odczytu wartości pomiarów i interpretacji znaków.

System semiotyki przemysłowej Naville'a możemy przedstawić jako trójkę $SP = (S_o, S_s, S_c)$, gdzie S_o jest ciągiem operacji materialnych, S_s – systemem sygnałów, a S_c to ciąg czynności operatorów. S_o funkcjonuje samodzielnie, czyli bez udziału człowieka, a S_s jest częściowo samodzielny, ponieważ często podejmuje działanie na rozkaz człowieka. System S_c działa natomiast w zmiennym stosunku z S_o i S_s . Warstwa semantyczna semiotyki przemysłowej dotyczy relacji pomiędzy sygnałami a cechami operacji materialnych, które określają ich znaczenie, natomiast relacje pragmatyczne dotyczą sygnałów, operacji materialnych oraz operatorów. S_s składa się z symboli ilościowych wyrażających miary oraz symboli mieszanych, natomiast na S_c składa się ciąg ściśle określonych wartości odczytu i reakcji na S_s . Odczyt posiada charakter zbiorowy, a nie indywidualny, a jego opracowanie polega na stałości syntaktycznej systemu S_s . Na podstawie swoich rozważań Naville formułuje bardzo dalekosiężną konsekwencję:

Jeśli funkcjonowanie (a nie konstrukcja) systemu produkcyjnego upodabnia się do wyrażania lub emisji języka, to przemysł, w najszerszym znaczeniu tego słowa, również dąży do reintegracji w dziedzinę, z której na pozór sam się wyodrębnił, to jest w dziedzinę ludzkiego posługiwania się symbolami. W tym

zresztą zakresie ewolucja przemysłu idzie w kierunku powrotu do norm egzystencji bardziej jednorodnych z innymi dziedzinami działalności ludzkiej, od których się oderwał. (Naville 1967, s. 191)

Ową entuzjastyczną konsekwencję dotyczącą integracji techniki i ludzkiej kultury symbolicznej Naville podbudowuje tezą głoszącą, że *automatyzacja wprowadza autonomię*. Uważa, że apokaliptyczne wizje dotyczące automatyzacji są bezcelowe, ponieważ potępienie wynalazków technicznych nie jest w stanie zatrzymać ich dynamicznego rozwoju. Nawiązuje przy tym do arystotelesowskiego pojęcia automatonu, które odnosi się do spontanicznej aktywności wszechświata. Automatyzacja kojarzy się nam tylko z maszynami. Naville twierdzi jednak, że należy zwrócić uwagę na to, że system automatyczny działa autonomicznie i na tę autonomię kładzie szczególny nacisk. Człowiek z automatonu – powszechnej spontaniczności ożywiającej wszechświat – uyskał miniaturowe automaty, które są duplikatami autonomicznej siły natury. Autonomia systemu automatycznego sprawia, że oddziela się on od sfery ludzkiej. Jednak autonomiczność obydwu oddzielonych stron sprawia, że dzięki systemom komunikacji i łączności pomiędzy nimi dążą one do wzajemnej harmonii, tworząc w ten sposób nową jedność. Jedność ta nie jest dosłowna i całkowita, posiada ona charakter funkcjonalny – Naville twierdzi, że jest to „funkcjonalna symbioza techniczna w sensie cybernetycznym oraz językowym”. Ze względu na „semiotyczne ambicje” autora zapewne należałoby powiedzieć, że będzie to funkcjonalna symbioza techniczna w sensie semiotycznym. Semiotyka przemysłowa Naville’a jest także zorientowana futurystycznie:

Jesteśmy w przededniu epoki, w której wiedza będzie zdolna nadać treść owej „myślowej koncepcji” – *īüçóñ íđ'çólñ [noesis noeseos]* – jaka wyraża się w autonomiczności *znaku*: treść przemysłową, techniczną i społeczną. Wszechświat informacji zawnadnie wszechświatem produkcji, podobnie jak społeczeństwo potrafi zawnadnać innym społeczeństwem. Automatyzm łączy się z autonomią, a autonomia jest zasadą dupleksu. Panowanie automatyzacji przygotowuje nie niedowład funkcji ekonomiczno społecznych i nie wolne rozporządzenie przedmiotami martwymi przez ludzi, ale związek ludzi i rzeczy we wspólnym marszu uregulowanym doświadczeniami praktyki. (Naville 1967, s. 243-244)

Warto zauważyć, że na gruncie semiotyki przemysłowej również mamy do czynienia z zamiennym używaniem terminów „sygnał” i „symbol”. Wprowadzenie poziomu semantycznego w kontakcie człowieka z maszyną, który ma zapewnić funkcjonalną symbiozę techniczną w sensie semiotycznym miało na celu uczynienie pracy przy maszynach bardziej ludzką. Przyświecała jej zatem idea humanizacji pracy. Idea ta była także obecna w prowadzonych w podobnym czasie w Związku Radzieckim badaniach z zakresu *psychologii inżynierijnej*. Zakres tych badań obejmował m.in. problemy relacji zachodzących pomiędzy człowiekiem a urządzeniami sygnalizacyjnymi, określanie optymalnych parametrów zmysłowych sygnałów, dokładność, szybkość i niezawodność reakcji sensomotorycznych człowieka na nadawane sygnały, możliwości kodo-

wania informacji o stanie sterowanych obiektów, odczytywania i zmieniania kodu. Opierano się przy tym na koncepcji odruchów warunkowych, choć podkreślano także konieczność uwzględniania semantycznego aspektu informacji oraz ograniczenia czysto ilościowego podejścia opartego tylko na matematycznej teorii komunikacji. Wspomniana humanizacja pracy sprzeciwiała się takiemu podejściu do zharmonizowania ogniw układu człowiek-maszyna, które oparte jest na zasadzie symplifikacji wywodzącej się z zasad naukowego zarządzania Fredericka Taylora. W takim wypadku zgranie człowieka z maszyną polega na zredukowaniu działalności człowieka do elementarnej regulacji – układu reakcji prostych. Zamiast przystosowania maszyny do człowieka mamy wtedy przystosowanie człowieka do maszyny, który jest degradowany do roli automatu (Łomow 1966, s. 361-362). Okoliczność natury ideologicznej, czyli odwoływanie się do lewicowych idei politycznych przy humanizacji pracy (Naville), czy też przeciwstawienie kapitalistycznej i komunistycznej psychologii inżynierskiej (Łomow) jest dla niniejszych rozważań zupełnie nieistotna (mimo, że było to zapewne ważne w „tamtych czasach”). Ważne jest bowiem to, że idea ta była (przynajmniej teoretycznie) realizowana poprzez mniej lub bardziej wyraźne odwołanie się do kwestii natury semantycznej.

W przypadku psychologii inżynierskiej Łomowa odbiór sygnałów przez człowieka rozbija się na dwa powiązane elementy: bezpośrednie rozróżnienie i rozpoznanie sygnału oraz pośrednie rozpoznanie stanu regulowanego obiektu do którego sygnał się odnosi, które zawiera element interpretacyjny. Sprowadzenie człowieka do roli automatu ma miejsce wtedy, gdy jego działalność będzie ograniczać się do systemu reakcji na wskazania urządzeń sygnalizacyjnych, a więc z pominięciem drugiego momentu odbioru sygnałów. W tym aspekcie uwidacznia się też przyjęty stosunek pojęć sygnału i symbolu. Sygnał jest wtedy pojęciem pierwotnym. Jeżeli stosunek sygnału do przedmiotu odniesienia polega na odzwierciedlaniu stanu przedmiotu, to jest to sygnał-obraz, natomiast gdy polega on na kodowaniu, to jest sygnał-symbol. Przyjmuje się także sygnały z pogranicza, które posiadają cechy zarówno obrazu i symbolu (Łomow 1966, s. 236-237).

Koncepcja semiotyki przemysłowej, której przedstawienie przez Naville'a ma charakter zaledwie przyczynku, została rozwinięta przez Yvette Lucas. Została ona też podbudowana bardziej wnikliwą analizą semiotyczną. W tym względzie autorka odwołuje się do tradycji semiologii strukturalistycznej, a w szczególności do analiz Luisa Prieto. Lucas, kontynuując wątek zapośredniczenia relacji człowiek-maszyna przez systemy komunikacyjne, mówi o *s y m b o l i c z n y c h n a r z ę d z i a c h p o ś r e d n i c z ą c y c h* (SNP), gdzie relacja pomiędzy SNP a pracą ma charakter relacji symbolu do jego odniesienia przedmiotowego, natomiast relacja między SNP a operatorem jest relacją informacyjną (Lucas 1979, s. 101). Ów narzędziowy aspekt jest wyraźnie podkreślany przez Prieto, który uważa, że człowiek i narzędzie są nierozzerwalnie związane. Użyteczność narzędzia określa on jako klasę operacji, jakie można wykonać, posługując się danym

narzędziem, a te klasy operacji wyznaczają odpowiednie pojęcia. Istnieje pewien szczególny typ narzędzi, który został wynaleziony przez człowieka, a są to sygnały. Tak jak inne narzędzia pozwalają one człowiekowi wpływać na jego otoczenie, w tym wypadku – przysłać przekazy innym członkom społeczeństwa. Klasa operacji, jakich można dokonać za pomocą określonego sygnału – przekazy, które przy jego pomocy można przesłać – wyznacza jego użyteczność i określa odpowiednie pojęcie. Według Prieto sygnał jest sztucznie wytworzona wskazówka, tj. dostarcza on pewnego wskazania i został celowo w tym celu wytworzony. Nadawca sygnału wytwarza akt semiczny. Aby nadawcy udało się przekazać to, co chce przekazać, odbiorca musi po pierwsze zdać sobie sprawę z tego, że nadawca chce mu przesłać jakiś przekaz oraz – po drugie – przekaz ten zidentyfikować. Odbiorca może uświadomić sobie, że ktoś chce mu coś przekazać, poprzez sam sygnał – poprzez to, że został on wytworzony. Na identyfikację przekazu mają natomiast wpływ okoliczności towarzyszące wytworzeniu sygnału, tj. fakty znane odbiorcy w chwili zachodzenia aktu semicznego, ale od niego niezależne (Prieto 1970, s. 7-17).

Prieto dzięki odwołaniu się do strukturalistycznego rozumienia znaku – *signifiant-signifie* (znaczące-znaczone) – umiejscawia pojęcie sygnału w szerszej perspektywie semiologicznej. Zbiór wszystkich przekazów dopuszczalnych przez sygnał należący do danego kodu tworzy całość określaną mianem pola noetycznego tego kodu. Dany sygnał dzieli pole noetyczne kodu na dwie komplementarne klasy. Na pierwszą z nich składają się przekazy dopuszczalne dla danego sygnału (w tym przekaz, który jest przysyłany), na drugą przekazy przezeń wykluczane. Klasę przekazów, które są dopuszczalne przy danym sygnale określa jako *signifie* tego sygnału. Zbiór wszystkich sygnałów należących do danego kodu jest natomiast polem semantycznym tego kodu. Przy danym wskazaniu znaczeniowym pole semantyczne również dzieli się na dwie komplementarne klasy. Pierwsza z nich zawiera dany sygnał oraz inne sygnały mogące dostarczyć określonego wskazania znaczeniowego. Druga z nich to pozostałe sygnały danego pola semantycznego, które dostarczają innych od wybranego wskazań znaczeniowych. Pierwsza z tych klas określa *signifiant*, które jest realizowane lub reprezentowane przez dany określony sygnał. *Signifiant* jest klasą sygnałów mających to samo *signifie*. Dane *signifiant* oraz wspólne dla wszystkich składających się nań sygnałów *signifie* łącznie tworzą pewną całość – *sem*. Kod jest natomiast systemem semów i składa się z pola semantycznego oraz pola noetycznego. Takie postawienie sprawy ma ważną konsekwencję:

W przeciwieństwie do sygnału i przekazu – będących jednostkami konkretnymi – *signifiant* i *signifie*, a także *sem*, jaki razem tworzą, to jednostki abstrakcyjne. Należy więc wystrzegać się mylenia *signifiant* z sygnałem, *signifie* z przekazem czy też *semu* z połączeniem sygnału i przekazu, gdyż we wszystkich tych przypadkach mamy do czynienia z pewną klasą konkretnych faktów z jednej strony, a z jakimś konkretnym faktem z drugiej. (Prieto 1970, s. 45)

W związku z tym zagadnieniem Lucas powołuje się także na opinię Xaviera Cuny, według której semiolodzy nie interesują się sygnałem jako faktem indywidualnym i konkretnym, interesują się natomiast cechami, które niezależnie od ludzi i okoliczności odgrywają rolę w komunikacji, czyli klasami sygnałów (Lucas 1979, s. 85). Systemy sygnałów pośredniczące pomiędzy człowiekiem a maszyną funkcjonują jako niewerbalne systemy komunikowania. Ze względu na ograniczenia, które są narzucone przez to, że informacje są przesyłane do maszyn, stosowane kody są substytutywne w stosunku do języka naturalnego. Zastosowanie zdalnego sterowania sprawia, że operatorzy mają coraz mniejszą styczność z obrabianą materią – ich czynności w coraz wyższym stopniu są realizowane poprzez nadawanie przekazów, czyli zakodowanych rozkazów dla maszyn. Bezpośrednimi czynnikami powodującymi ludzkie czynności nie są już stany materii lub urządzeń, lecz składniki informacyjne wyrażające te stany i dostarczane do operatorów zgodnie z określonym programem. Coraz szersze zastosowanie sygnałów i kodów, które służą do przesyłania przekazów dotyczących stanu materiału i urządzeń wymaga przystosowania się ludzi do posługiwania się kodami. Stosunki zachodzące pomiędzy czynnościami operatorów S_c , systemem sygnałów S_s oraz systemem operacji maszynowych S_o można przedstawić w taki sposób, że: $S_c \Leftrightarrow S_s \Leftrightarrow S_o$ to sterowanie zdalne – zapośredniczone przez system sygnałów. Powinna być jednak uwzględniona możliwość powrotu do bezpośredniego, ręcznego sterowania procesem, czyli: $S_c \Leftrightarrow S_o$ (Lucas 1979, s. 114-116, 145).

W związku z zapośredniczeniem relacji pomiędzy S_c a S_o przez S_s Lucas stawia bardzo istotne pytanie: czy system relacyjny pomiędzy człowiekiem a urządzeniami stosowanymi w przemyśle jest systemem komunikacyjnym? Komunikowanie się zakłada z a m i e n n o ś ć r ó ł n a d a w c y i o d b i o r c y – nadawca może stać się odbiorcą i odwrotnie. W kierunku maszyna-człowiek mamy do czynienia z nadajnikami – aparatami wytwarzającymi sygnały, przekazami oraz odbiorcami, którzy zdają sobie sprawę, że występuje „zamiar” przesłania do nich określonego przekazu. Mówienie w takiej sytuacji o intencji komunikacyjnej byłoby wyrazem nieuprawnionego a n t r o p o m o r f i z m u – intencję tę można przypisać ludziom, ale nie maszynom. Kto jest zatem nadawcą – aparat wysyłający sygnały, czy też ich konstruktor lub programista? Jeżeli nadawcą jest programista lub konstruktor, to zachodzi wtedy odwracalność. Jednakże używa się wtedy innego toru komunikacyjnego, ponieważ operator może przesłać wiadomość do konstruktora lub programisty bez pośrednictwa maszyny, którą obsługuje. Lucas zwraca uwagę na to, że należy odróżniać dwie kwestie. Po pierwsze wybór wskazania dostarczanego przez sygnał od określenia warunków wytwarzania sygnału – dotyczy to konstruktorów i programistów. Po drugie, należy odróżniać fakt wskazywania przez sygnał, czyli to – co sygnał wskazuje – od wytwarzania sygnału w sensie materialnym, czyli czynności maszyny wykonywanych przy spełnieniu

określonych warunków. Fakty, które sygnał ma wskazywać, należą do tych warunków. Komunikowanie się w takiej sytuacji składa się z trzech elementów: człowiek₁ + maszyna ⇔ człowiek₂, gdzie maszyna nie jest tylko urządzeniem stosowanym do przesyłania przekazów, lecz jest istotnym elementem nadawcy. Zatem nadawca to człowiek₁ + maszyna, odbiorcą jest człowiek₂. Jeśli odbiorca nie może stać się nadawcą za pomocą tego samego kanału komunikacyjnego, to jest to rodzaj komunikacji tylko częściowo odpowiadający kryteriom komunikowania się w sensie językowym. W kierunku odwrotnym, gdy operatorzy są nadawcami nadającymi przekazy przekształcane w sygnały dla maszyny ostrożniej jest mówić, że mamy wtedy do czynienia ze szczególnym rodzajem sterowania, który dostosowany jest do technologicznej specyfiki urządzeń (Lucas 1979, s. 149-152).

Narzędzie semiotyczne w służbie semioteknik i problem danych

Zastosowanie semiotyki Prieto w celu rozwinięcia koncepcji semiotyki przemysłowej, niewątpliwie ją wzbogaca, ważniejsze jest jednak to, że pozwala to także na uwzględnienie ważnych dla tej koncepcji i jej zastosowań mechanizmów ekonomii. Chodzi o *ekonomię kosztu* – zmniejszenie kosztu wskazania znaczeniowego poprzez redukcję złożonych mechanizmów danego kodu do kombinacji elementów prostszych. Dzięki temu ułatwione jest zarówno uczenie się, jak i posługiwanie się danym kodem, a więc zmniejszony jest wysiłek nadawcy i odbiorcy. Drugi mechanizm ekonomii to *ekonomia ilości* – redukcja wskazania znaczeniowego do niezbędnego w danej sytuacji minimum, które zapewni przesłanie określonego przekazu. Koncepcją semiotyczną, dla której przyjęcie takiej postawy „semiotycznej oszczędności” jest kwestią podstawową i na gruncie której procesy komunikacji również pojmują się na sposób narzędziowy jest *prakseosemiotyka – teoria optymalnego znaku* Tadeusza Wójcika. Na gruncie tej koncepcji komunikat jest narzędziem semiotycznym, a w zakresie tego pojęcia mieszczą się sytuacje komunikacyjne zgodne z duchem cybernetyki. Idea *optymalnego komunikatu* jest z tym bowiem ściśle powiązana. Przy cybernetycznym ujęciu komunikacji mamy do czynienia z czterema możliwymi układami:

- maszyna-maszyna;
- maszyna-człowiek;
- człowiek-maszyna;
- człowiek-człowiek.

Z semantycznego punktu widzenia najbardziej istotna różnica zachodzi pomiędzy pierwszymi dwoma układami, możemy też mówić o pewnym przejściu pomiędzy nimi. Umberto Eco stwierdził, że wstawiając w roli adresata człowieka

zamiast maszyny, przechodzimy ze świata sygnałów do świata sensu – rozpoczyna się tym samym niezachodzący wcześniej proces oznaczania (Eco 1996, s. 51). Można zatem wysunąć słuszną wątpliwość: czy obejmowanie wszystkich czterech układów komunikowania się kategoriami semiotycznymi jest uprawnione – czy termin „narzędzie semiotyczne” zanadto nie rozszerza zakresu tego, co semiotyczne? Na gruncie prakseosemiotyki decyzję tę uzasadnia się względami natury cybernetycznej – tendencją do wspólnego traktowania rzeczy podobnych funkcjonalnie, ale odmiennych strukturalnie oraz za pomocą obserwacji, że niektóre komunikaty niemiedzy ludzkie mogą być także odczytane bezaparutowo przez człowieka. Prakseosemiotyczna definicja komunikatu brzmi następująco:

K o m u n i k a t – to funkcyjzator (narzędzie semiotyczne) – twór człowieka lub produkt aparatu, konstytuowany dla świadomościowego funkcyjzowania człowieka (zmieniania go świadomościowo) lub – dla funkcyjzowania wszelkiej innej rzeczy przez człowieka lub aparat. (Wójcik 1969, s. 61)

Definicja ta wymaga pewnego objaśnienia. Przez aparat autor rozumie maszynę lub zwierzę, a z wymienionych możliwości komunikowania się zgodnych z duchem cybernetyki, autor wyróżnia komunikaty na linii aparat-człowiek. Podkreśla bowiem, że zapisy wykonywane przez automaty, nie mają charakteru symptomów, lecz są komunikatami – powstają jako efekt zamierzonych zachowań informacyjnych wynikających z konstrukcji aparatu.

W celu uniknięcia stosowania terminologii antropomorficznej w odniesieniu do aparatów (takiej jak „postrzeganie”, „poznawanie”, itp.), autor wprowadza – inspirowaną cybernetyką – terminologię ogólniejszą. Zastosował ją w przywołanej definicji komunikatu: „funkcjonować” – zmieniać się lub zmieniać; „funkcyjzator” – funkcyjzująca rzecz; „funkcyjzować” – wywoływać lub modyfikować funkcyjzowanie; „funkcyjzator” – rzecz funkcyjzująca; „funkcyjzator” – rzecz podlegająca funkcyjzowaniu (Wójcik 1969, s. 47-48). Wprowadzenie takiej terminologii wyraża także ideał, który przyświeca koncepcji prakseosemiotyki i jej praktycznym zastosowaniom, które autor nazywa *semioteknikami*. Jest nim postulowanie komunikatu optymalnego – maksymalnie sprawnego narzędzia porozumiewania się. Jedną z postulowanych semioteknik jest *optymalizacja kodu językowego*. Jest to dążenie do tego, aby język zawierał wyłącznie elementy niezbędne i wystarczające do precyzyjnego formułowania myśli – język powinien być maksymalnie oszczędny i zbudowany tak racjonalnie, jak buduje się wszelkie narzędzia. Doskonalenie takiego języka jest jak doskonalenie maszyny, która zawiera wyłącznie niezbędne i wystarczające elementy do pełnienia swoich funkcji. Język taki mógłby służyć za wspólny język ludzkości w zakresie informacji naukowej i technicznej, usprawniać intelektualne funkcyjzowanie człowieka oraz wspomagać prace nad przekładem maszynowym. Semioteknika ta lokuje się na pograniczu humanistyki i techniki (Wójcik 1969, s. 202-203, 242).

Semioteczniczny postulat jednolitości i pełnej jednoznaczności terminologicznej napotyka pewien problem, gdy jest zastosowany do samej prakseosemiotyki. W rozważaniach semiotycznych występuje bowiem pewna dwuznaczność i niejednorodność, która nie poddaje się łatwej eliminacji. Problem ten ma też związek z zagadnieniem różnicy sygnał-symbol. Wysyłanie sygnałów przez informatora, którym może być także przedmiot, to emisja informacyjna. Powierzchnia przedmiotu – emitor informacyjny – wysyła fale optyczne lub akustyczne. Informacją można nazwać emitor lub emisję – pierwsza możliwość jest odpowiednia dla percepcji wzrokowej, druga dla percepcji słuchowej. Przyjmując tylko pierwszą możliwość, musielibyśmy uznać za znak sygnały optyczne wysyłane np. przez kartkę zapisanego papieru, a nie symbole zapisane na tej kartce. Przyjmując tylko drugą możliwość, znakiem musielibyśmy nazwać narządy artykulacyjne ludzi wypowiadających słowa. Pojawia się zatem problem jednorodnego traktowania emisji informacyjnych, niezależnie od tego, czy są to emisje sygnałów optycznych, akustycznych, czy innych. Znakami językowymi zwykliśmy nazywać dźwięki wypowiedzianych słów oraz napisy słów. Wójcik przyznaje, że mamy tutaj niejednorodne wyodrębnianie znaków, ponieważ przeprowadzone jest ono na podstawie dwóch różnych zasad wyróżniania. Może to być nie do przyjęcia z punktu widzenia teoretycznego, ale jest dogodnie pod względem praktycznym (Wójcik 1969, s. 36, 44-45). Ta dwuznaczność znaku językowego – dźwięki słów lub napisy słów – znajduje też swoje odzwierciedlenie w dość powszechnym sposobie mówienia. W pierwszym przypadku mówimy, że są to sygnały akustyczne, a w drugim – symbole optyczne (Iwanow 1975, s. 84). Ma to pewien związek z problemem przetwarzania symboli przez maszyny. Zauważa się, że słowo „informacja” używane jest głównie jako nazwa różnego rodzaju ciągów znaków, którymi przeważnie są ciągi cyfr lub liter. W takim ujęciu nie chodzi o treść tych znaków, lecz o ich określoną fizyczną strukturę, a takie użycie słowa „informacja” występuje w teorii maszyn cyfrowych. Informacja jest wtedy przeważnie synonimem danych liczbowych lub literowych (Starosta 1973, s. 96). Problem odróżnienia danych od informacji oraz informacji od wiedzy jest bardzo złożony i obecnie bardzo żywo dyskutowany w literaturze przedmiotu. Jego przedstawienie kwalifikuje się jednak na osobny artykuł. W tym miejscu zauważmy tylko, że znaczna część definicji danych odwołuje się do pojęcia symbolu – dane to m.in. kwantyfikowany i/lub kwalifikowany zbiór symboli; symbole zorganizowane zgodnie z ustalonym algorytmem; zbiór symboli reprezentujących percepcję surowych faktów; strumień symboli; podstawowe jednostki symboliczne (*primitive symbolic entities*) (Zins 2007, s. 480-485). Tendencja do definiowania danych w kategoriach symbolicznych jest zapewne spowodowana tym, że współcześnie dane mają postać zapisu cyfrowego. Wpływ zatem mają dwa czynniki: po pierwsze, iż jest to zapis właśnie, po drugie – ma on charakter dyskretny.

Zakończenie – mechanomorfizm i antropomorfizm

Rozważania zawarte w niniejszym artykule pokazują, że problem operowania symbolami przez maszyny i urządzenia techniczne jest złożony i wielowątkowy. Wynika to nie tylko z problemów natury definicyjnej związanych z pojęciami symbolu oraz sygnału, lecz także ze zróżnicowanych sposobów stosowania tych pojęć. W ramach rozważań z zakresu cybernetyki, matematycznej teorii komunikacji oraz semiotyki przemysłowej pojęcia te używane są zamiennie. Z zamiennym użyciem terminów „sygnał” i „symbol” najczęściej mamy do czynienia wtedy, gdy omawiane sygnały mają postać dyskretną. Według Shannona w przypadku dyskretnych systemów komunikacyjnych, zarówno sygnały generowane przez źródło wiadomości, jak i sygnały transmitowane przez kanał komunikacyjny, mają postać symboliczną. W nawiązaniu do rozważań Devlina możemy wtedy powiedzieć, że system komunikacyjny jest zaprojektowany w taki sposób, aby transmisję sygnałów można było uważać za przesyłanie symboli. Jest to zatem efekt interpretacji tych zjawisk przez ludzki umysł, a nie transmisja symboliczna sama w sobie. To, że w przypadku systemów dyskretnych u źródła i „ujścia” wiadomość jest wyrażona w postaci symbolicznej, nie sprawia, że przesyłane sygnały również są symbolami. W przypadku systemów ciągłych mamy do czynienia tylko z sygnałami. Jednakże sygnał jako wiadomość jest zjawiskiem odmiennej natury od sygnału transmitowanego. Ten pierwszy może być np. sygnałem akustycznym, ten drugi jest sygnałem elektrycznym lub elektromagnetycznym. Stąd też w przypadku systemów dyskretnych zaproponowano odróżnienie symbolu wiadomościowego (*message symbol*) i symbolu sygnałowego (*signal symbol*). Ściśle rzecz biorąc, ten drugi nie jest jednak symbolem, lecz po prostu sygnałem dyskretnym, podobnie jak tylko sygnałem – a nie symbolem czy wyrażeniem – jest sygnał sygnału Pawłowa. Na język składają się wyrażenia mające postać dyskretnych symboli, lecz nie sprawia to, że sygnały dyskretnie będące elementami pewnego kodu również są symbolami. W pewien sposób okoliczność ta odpowiada za zamiennie używane terminów „sygnał” i „symbol” w opisie dyskretnych systemów komunikacyjnych. Ważnym kontekstem różnicy sygnał-symbol okazał się także problem szumów i zakłóceń w kanale komunikacyjnym. Szum zakłóca transmitowany sygnał, przez co u ujścia wiadomości mogą pojawić się problemy z rozpoznaniem poszczególnych symboli. Ale szum techniczny bezpośrednio zakłóca sygnał – nie symbol – szумы są sygnałami, a nie symbolami.

Zamiennie używanie terminów „sygnał” i „symbol” wobec tej samej klasy zjawisk może wiązać się ze zwracaniem uwagi na inne aspekty tych zjawisk. Gdy koncentrujemy się na aspekcie znaczeniowym – stosuje się termin „symbol”, gdy interesuje nas przede wszystkim strona fizykalna – używamy terminu „sygnał”. Jednakże zamiennie stosowanie tych terminów lub wprowadzanie wspomnianych terminologicznych hybryd nie tylko wprowadza pojęciowy zamęt, lecz może być

także podstawą do wyciągania zbyt pochopnych wniosków w zakresie problematyki maszyn i symboli. We wskazanych przypadkach zamiast słowa „symbol” lepiej używać terminu „sygnał”, lecz przez sygnał rozumiemy wtedy nie przebieg impulsów elektrycznych, lecz element określonego dyskretnego kodu. Eco, który w swoich szeroko zakrojonych dociekaniach semiotycznych odwoływał się także do zagadnień z zakresu matematycznej teorii komunikacji i funkcjonującego w jej ramach pojęcia sygnału, zwrócił też uwagę na istotną kwestię:

Sygnał jest pewną relewantną jednostką systemu, która może być pewnym przyporządkowanym do pewnej treści systemem wyrażania, ale równie dobrze może mieć znamiona systemu o charakterze fizycznym, bez konkretnej intencji semiotycznej, i jako taka jest przedmiotem badań teorii informacji *sensu stricto*. Sygnał może być bodźcem, który nic nie znaczy, lecz [jedynie] coś powoduje lub coś wywołuje. Jednak w momencie, gdy został użyty jako rozpoznawalny *poprzednik* przewidywanego *następnika*, wówczas można go uznać za znak, jeśli (w przekonaniu nadawcy) zastępuje swój następnik. (Eco 2009, s. 51)

Sytuacją, gdy sygnał funkcjonuje jako czysty bodziec i nie ma właściwości znaczących jest proces komunikacyjny, w którym sygnał przepływa pomiędzy urządzeniami mechanicznymi. W tym przypadku w procesie komunikacyjnym nie biorą udziału konwencje kulturowe. Gdy natomiast adresatem komunikatu jest istota ludzka, sygnał nie jest tylko bodźcem, lecz pobudza u odbiorcy reakcję interpretacyjną. Zachodzi wtedy proces sygnifikacji, który jest możliwy dzięki istnieniu odpowiedniego kodu. Ewentualna reakcja behawioralna ze strony człowieka-odbiorcy nie jest wywołana przez sygnał-bodziec, lecz dzięki procesowi sygnifikacji – gdy to, co spostrzega aktualnie odbiorca, na mocy określonych reguł, zastępuje coś innego. Sygnał-bodziec przepływający pomiędzy urządzeniami mechanicznymi nie bierze udziału w procesie sygnifikacji i jako taki nie jest właściwym obiektem badań semiotycznych. Jednakże według Eco kwestia ta wygląda inaczej, gdy weźmiemy pod uwagę „maszyny inteligentne”:

[...] każdy akt komunikacji, skierowany do istoty ludzkiej lub [zaistniały] między istotami ludzkimi – lub innym inteligentnym urządzeniem, zarówno biologicznym, jak i mechanicznym – zakłada istnienie systemu sygnifikacji jako warunku niezbędnego. (Eco 2009, s. 9)

Nie znaczy to jednak tego, że musimy mieć wtedy do czynienia z komunikacją symboliczną, może to być komunikacja opierająca się na systemie sygnałów kodu binarnego.

Pojęcia sygnału okazały się także bardzo zróżnicowane. W powyższych rozważaniach wyróżniono cztery definicje sygnału autorstwa: Sebeoka, Pazukhina, Muldera i Herveya oraz Prieto. Dwie ostatnie definicje mają węższy zakres od definicji pozostałych. Pierwsza z nich ogranicza się do sygnalizowania za pomocą urządzeń, druga do sygnalizowania opartego na zasadzie sztucznego wskazywania. Są one jednak wartościowe i mają trafne zastosowania. Propozycja Muldera i Herveya jest ważna w kontekście poruszanej problematyki, ponieważ

z definicji wiąże ona sygnały z obecnością urządzeń technicznych, teoria Prieto posłużyła natomiast do rozbudowy koncepcji semiotyki przemysłowej. Dwie pierwsze definicje zgodnie stwierdzają, że sygnał może być nadany w sposób naturalny lub sztuczny, a odbiorcą sygnału mogą być organizmy lub maszyny. Okazało się, że to właśnie problem odbiorcy sygnału jawi się jako kluczowy. Definicja Pazukhina posiada taką zaletę, że stosunek sygnału do odbiorcy przedstawia najbardziej precyzyjnie – sygnał powoduje reakcje w odbiorcy, ale nie jest ich przyczyną. Sygnalizowanie jako rodzaj sterowania opiera się na zachodzeniu mechanizmów pośredniczących pomiędzy operatorem a kontrolowanymi procesami. Takie ujęcie sygnału bardzo dobrze pasuje do rozważań cybernetycznych. Potwierdza też w pewien sposób sensowność konstrukcji semiotyki przemysłowej Naville'a, dla którego zachodzenie tych mechanizmów było fundamentem dla dalszych rozważań semiotycznych.

W zamyśle pomysłodawcy semiotyki przemysłowej koncepcja ta miałaby umożliwiać reintegrację produkcyjnej sfery przemysłowej ze sferą kultury symbolicznej. Jak ocenić ten pomysł? Należy zauważyć, że o takiej – częściowej przynajmniej – reintegracji moglibyśmy mówić wtedy, gdyby operowanie systemów sygnalizacyjnych stosowanych w przemyśle zautomatyzowanym zachodziło na najwyższym poziomie – na poziomie aksjologicznym. W takiej sytuacji moglibyśmy mówić o pewnego rodzaju zbliżeniu sygnalizowania w stronę symbolizowania. W szczególności dlatego, że zachodzenie relacji symbolizowania semantycznego z uwagi na społeczność, która respektuje określoną semantykę, ma miejsce wtedy, gdy sądy respektowane w tej społeczności, będące założeniami tej semantyki, przesadzają, że odniesienie przedmiotowe symbolu jest też symbolizowane w sensie aksjologicznym (Kmita 2005, s. 20). Nawet jeśli takie zbliżenie sygnalizowania i symbolizowania jest w ogóle możliwe, to nie wynika z tego, że pojęcia symbolu i sygnału są równoważne lub tożsame. Jak pisała Lucas, komunikacja na linii człowiek-maszyna sprawia, że stosowane w przemyśle wyspecjalizowane systemy sygnałów są najczęściej kodami substytutywnymi w stosunku do języka naturalnego. Operacja szyfrowania – wzajemnie jednoznacznego przyporządkowania konkretnego kodu do określonego zbioru zdań z danego języka – nie sprawia, że sygnały należące do tego kodu stają się symbolami. W podobny sposób nie sprawia to, że język ten należy uważać za kod. Możliwość takiego szyfrowania jest właśnie częstym powodem nieporozumień związanych z pomieszaniem kodów z językami (Wolniewicz 1980, s. 14).

Jak już było wspomniane, problem odbiorcy sygnału okazał się problemem głównym. Wyrażało się to w poświęcaniu szczególnej uwagi układom maszyna-człowiek, a ściślej rzecz biorąc: różnicy pomiędzy układami maszyna-maszyna i maszyna-człowiek. Problematyka dotycząca układu człowiek-maszyna – pomimo tego, że jest istotna – generuje jednak mniej doniosłe kwestie natury semantyczno-filozoficznej. Między innymi dlatego, że mamy tu do czynienia po

prostu ze sterowaniem lub kontrolą maszyny przez człowieka. Według Wienera układ maszyna-człowiek jest szczególnym przypadkiem układu maszyna-maszyna. Pogląd taki możemy nazwać mechanomorfizmem. Co więcej, możemy powiedzieć, że jest to przypadek graniczny – Eco zwrócił uwagę na fakt, iż opuszczamy wtedy „czysty” świat sygnału (maszyna-maszyna) i przechodzimy do świata treści. Układ maszyna-człowiek jest także istotny z punktu widzenia nadawcy – czyhają tu bowiem pułapki antropomorfizacji. W celu jej uniknięcia wprowadza się specjalną nieantropomorficzną terminologię (Wójcik) lub za nadawcę uważa się układ złożony: człowieka i maszynę. Wspólnadawcami mogą być wtedy konstruktorzy lub programiści maszyn (Lucas). To drugie rozwiązanie zwraca uwagę na ważną kwestię – maszyny są konstruowane i programowane w taki sposób, aby komunikujący się z nimi człowiek – *homo symbolicus* – przetwarzane i nadawane przez maszyny sygnały uznawał za symbole. Problem maszyn i symboli rozgrywa się przede wszystkim na linii komunikacyjnej maszyna-człowiek i oscyluje pomiędzy mechanomorfizacją człowieka-odbiorcy i antropomorfizacją maszyny-nadawcy.

Literatura

- Burkhardt D., Schleidt W. (1979), *Wprowadzenie*, w: Burkhardt D., Schleidt W., Altner H. (red.), *Sygnały w świecie zwierząt*, PWN, Warszawa, ss. 17-31.
- Cassirer E. (1998), *Esej o człowieku. Wstęp do filozofii kultury*, Czytelnik, Warszawa.
- Conway F., Siegelman J. (2005), *Dark hero of the information age: in search of Norbert Wiener the father of cybernetics*, Basic Books, Cambridge.
- Cudowski A. (2006), *Wybrane zagadnienia budowy dźwiękowych systemów ostrzegawczych*, ref. z II Konferencji nt. Sygnalizacji Alarmu Pożarowego, www.cnbop.pl/sites/cnbop.pl/files/29/Wybrane_zagadnienia_DSO_0.pdf, stan z 04.06.2010.
- Devlin K. (1999), *Żegnaj, Kartezjuszu. Rozstanie z logiką w poszukiwaniu nowej kosmologii umysłu*, Prószyński i S-ka, Warszawa.
- Donald M. (2000), *The Cognitive Foundations of Institutional Knowledge*, Working paper for the Second KNEXUS Research Symposium, Stanford University.
- Eco U. (1996), *Nieobecna struktura*, Wydawnictwo KR, Warszawa.
- Eco U. (2009), *Teoria semiotyki*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- Iwanow W. (1975), *Rola semiotyki w cybernetycznym badaniu człowieka i społeczności. Cybernetyczny aspekt człowieka i społeczności a semiotyka*, w: Janus E., Mayenowa M.R. (red.), *Semiotyka kultury*, PIW, Warszawa, ss. 84-99.
- Greniewski H. (1959), *Elementy cybernetyki sposobem niematematycznym wyłożone*, PWN, Warszawa.
- Kmita J. (2005), *Symbolizowanie jako relacja aksjologiczna oraz jako relacja semantyczna*, w: Pałubicka A., Dominiak G.A. (red.), *Aksjologiczne źródła pojęć*, Oficyna Wydawnicza Epigram, Bydgoszcz, s. 13-22.
- Lubański M. (1982), *Information and signal*, [w:] Krajewski W. (ed.), *Polish essays*

- in the philosophy of natural science, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Boston-London, ss. 265-273.
- Lucas Y. (1979), *Kody i maszyny*, PWN, Warszawa.
- Łomow B. (1966), *Człowiek i technika. Zarys psychologii inżynierskiej*, Książka i Wiedza, Warszawa.
- Maciejczyk A. (1956), *Sygnalizacja*, Wydawnictwa komunikacyjne, Warszawa.
- Markowski W. (2000), *Terminologia z zakresu sygnalizacji pożarowej*, „Systemy alarmowe”, 2/2000, s. 65-72.
- Maynard Smith J., Harper D. (2003), *Animal Signals*, Oxford University Press, New York.
- Mulder J.W.F., Hervey S.G.J. (1971), *Index and Signum*, „Semiotica” IV, s. 324-338.
- Naville P. (1968), *Spoleczne skutki automatyzacji. Problemy pracy i automatyzacji*, Książka i Wiedza, Warszawa.
- Nawrocki W. (2003), *W poszukiwaniu istoty informacji*, w: Jadacki J.J. (red.), *Analiza pojęcia informacji*, Semper, Warszawa, s. 37-62.
- Pawlak Z. (1966), *Sygnaly, symbole, maszyny*, Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Pawłow I. (1990), *Odruch warunkowy*, [w:] *idem*, *Odpowiedź fizjologa psychologom i inne prace*, PWN, Warszawa, s. 141-169.
- Pazukhin R. (1972), *The Concept of Signal*, „Lingua Posnaniensis”, XVI, s. 25-43.
- Pelc J. (1984), *Wstęp do semiotyki*, Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Pierce J.R. (1967), *Symbole, sygnały i szumy. Wprowadzenie do teorii informacji*, PWN, Warszawa.
- Poletajew J.A. (1961), *Zagadnienia cybernetyki*, Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa.
- Prieto L.J. (1970), *Przekazy i sygnały*, PWN, Warszawa.
- Schaff A. (1960), *Wstęp do semantyki*, PWN, Warszawa.
- Sebeok T.A. (2001), *Signs: an Introduction to Semiotics*, University of Toronto Press, Toronto-Buffalo-London.
- Shannon C.E. (1964), *The Mathematical Theory of Communication*, [w:] Shannon C.E., Weaver W., *The Mathematical Theory of Communication*, The University of Illinois Press, Urbana, ss. 29-125.
- Starosta B. (1973), *Uwagi o pojęciu informacji*, „Studia semiotyczne”, IV, s. 95-107.
- Steinbuch K. (1975), *Automat i człowiek*, PWN, Warszawa.
- Szaniawski K. (1987), *Informacja*, w: *Filozofia a nauka. Zarys encyklopedyczny*, Ossolineum, Wrocław, s. 244-251.
- Szolginia W. (1980), *Informacja wizualna w krajobrazie miejskim*, PWN, Warszawa.
- Weaver W. (1964), *Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication*, [w:] Shannon C.E., Weaver W., *The Mathematical Theory of Communication*, The University of Illinois Press, Urbana, s. 3-28.
- Wiener N. (1961), *Cybernetyka a społeczeństwo*, Książka i Wiedza, Warszawa.
- Wolniewicz B. (1980), *Języki i kody*, w: Schaff A. (red.), *Zagadnienia socjo- i psycholingwistyki*, Ossolineum, Wrocław, s. 7-37.
- Wójcik T. (1969), *Prakseosemiotyka. Zarys teorii optymalnego znaku*, PWN, Warszawa.
- Zins Ch. (2007), *Conceptual Approaches for Defining Data, Information, and Knowledge*, „Journal of the American Society for Information Science and

Technology”, 58(4), s. 479-493.

Machines and Symbols (I) – Semantic Aspects of Cybernetics and Automation

by Jarosław Boruszewski

Abstract

This article is the first part of the cycle titled “Machines and symbols”. The main issue of this cycle may be formulated as a question: can machines and technical devices operate with symbols? A very important problem raised in this essay is the difference between symbols and signals. The concept of signal is also broadly discussed in the paper, because there are many different definitions of this concept. The present text contains semantic and philosophical considerations concerning cybernetics, mathematical theory of communication, industrial semiotics and semio-technics. In these theories, terms “symbol” and “signal” are often used interchangeably which leads to misconceptions. One of the most frequent misconceptions is confusing discrete signals with symbols. The author focused on communication systems where machines are senders and humans are receivers, because descriptions of these systems tend towards anthropomorphization of a machine-sender. This tendency makes signals sent out by machines treated as symbols comprehensible by a human-receiver. Another interesting aspect of machine-human communication systems is the treatment of a human-receiver as some kind of machine. Such an idea is called “mechanomorphism”.

Key words: machines, symbols, semantic, cybernetics, automation