PIOTR SIENKIEWICZ

poszukiwanie golema.

o cybernetyce i cybernetykach

Krajowa Agencja Wydawnicza, Warszawa 1988

http://autonom.edu.pl

Wyższ. Książki Współcz. i Księgozbiór Popularno-Naukowy
W i MBP
RZESZÓW
II

23487

„Nie jest wykluczone, że owo najwspanialsze w naszych czasach sprowadza się do tego, że człowiek potrafił zrozumieć to, czego nie jest w stanie sobie nawet wyobrazić".

(Lew Landau)

Gdy cybernetyki nie było, była jakby tęsknota za nią. Wyrażało ją dążenie ludzi do stworzenia takiej wiedzy naukowej, która porządkowałaby coraz bardziej złożone zjawiska, obejmujące funkcjonowanie różnorodnych maszyn, organizmów i społeczności, a przede wszystkim pozwalałaby na racjonalne ich kształtowanie. Był to zatem naturalny przejaw chęci podporządkowania człowiekowi tych procesów, wobec których był najczęściej bezradny, a jego działania wspierała częściej intuicja i doświadczenie niż wiedza naukowa. Ludzie rządzący społeczeństwami, zarządzający gospodarką, dowodzący wojskami — zapewne trochę zazdrościli np. technikom i fizykom tej ścisłości, która charakteryzowała metody ich działania. Skoro wspomnieliśmy o pewnej tęsknocie, to powinniśmy dodać, że stale towarzyszyła ona rozwojowi cywilizacyjnemu chociaż nie zawsze była przez ludzi uświadomiona. Częściej uwaga koncentrowała się na przeróżnych maszynach, które wspomagały siłę mięśni człowieka, rzadziej siłę jego rozumu.

Twórcy dzieł literackich powoływali do życia sztuczne stwory „na obraz i podobieństwo swoje". Na

kartach powieści pojawiały się przeróżne Golemy, roboty, „myślące maszyny", aby nieco później pojawić się także na ekranach kin całego świata. Niektóre „spolegliwe", wykonywały polecenia ludzi, wspomagając ich w różnorodnych działaniach praktycznych, lecz inne bardzo często buntowały się przeciw swym twórcom, stwarzając różne zagrożenia, a niekiedy niosły nawet zagładę. Pojawił się nowy typ zagrożeń cywilizacyjnych i nowy typ artystycznej kreacji.

Szczególne nasilenie tych dążeń uczonych i artystów przypada na lata poprzedzające wybuch II wojny światowej oraz na okres jej trwania. Warto wspomnieć, że atmosfera pełna niepokoju i grozy, jaka cechowała życie społeczne Niemiec po klęsce w I wojnie światowej, nie pozostała bez wpływu na charakter sztuki niemieckiej tego okresu. Jednym z bohaterów, i to niejednego filmu niemieckiego ekspresjonizmu, był ...Golem. Chodzi o bohatera legendy o sztucznym człowieku, stworzonej przez sławnego praskiego rabina Judy Loewe Becalela (1526—1609). Legendarny już twórca Golema — Loewe został w 1592 roku nadrabinem całej Polski z siedzibą w Poznaniu i pozostawał nim przez pięć lat, zanim nie powrócił do Pragi. Legenda o Golemie jest niemal starsza od ludzkości, gdyż sięga czasów staroegipskich. Według greckiego filozofa Lukiana, żył w Egipcie pewien uczony kapłan, który stworzył sobie sztucznego sługę. A pod koniec drugiej połowy XX wieku pojawiła się cybernetyka. Pojawiła się, ponieważ znalazła się niejako „na szlaku przyrostów wiedzy empirycznej", że użyjemy określenia Stanisława Lema, uzasadniającego w ten sposób momenty pojawienia się istotnych odkryć naukowych.

Cybernetyka dziś, po okresie, gdy była przedmiotem namiętnych sporów i dyskusji, stała się cenioną profesją; jest wykładana w uczelniach humanistycznych, przyrodniczych i technicznych.

Warto raz jeszcze prześledzić barwne dzieje cybernetyki, poświęcając nieco uwagi jej „wzlotom i upadkom", nadziejom i zwątpieniom, jakie niosła ze sobą. Warto także podjąć jeszcze jedną próbę wyjaśnienia niektórych kwestii pojęciowych i metodologicznych. Znajomość swoistych metod cybernetyki trudno uznać za powszechną, aczkolwiek wiele już uczyniono, aby je należycie spopularyzować. Z pewnością zasługują na to, gdyż metody cybernetyki cechuje ścisłość i precyzja, przy jednoczesnym walorze uniwersalności. Charakteryzuje je racjonalizm myślenia o człowieku i społeczeństwie, zwierzęciu i maszynie. Chodzi o ten typ racjonalizmu, który dziś, u schyłku XX wieku, bywa nader często wypierany przez myślenie irracjonalne, trochę magiczne, nie pozbawione sentymentów i resentymentów.

Dzięki rozwojowi nauki świat uległ jakby skurczeniu, stał się bardziej złożony, dynamiczny i niepewny. A to oddala niekiedy ludzi od myślenia w kategoriach racjonalistycznych. Człowiek stąpał po powierzchni Księżyca, powszechnie stosuje komputery, kontroluje pracę robotów wyręczających go w wielu już czynnościach, lecz jego lęk przed tym, co przyniesie przyszłość pogłębia się. W tym samym czasie mieszkańcy naszego globu głodują, dostrzegają nieodwracalne zmiany środowiska..., mają wreszcie świadomość realnego niebezpieczeństwa zagłady „naszego wspaniałego świata".

Zmniejszyć lęki i obawy może lepsze poznanie obiektywnych praw rozwoju przyrodniczego, biologicznego i społecznego, praw sterowania tym rozwojem. I w tym miejscu pojawia się znów rola cybernetyki jako nauki o sterowaniu.

Przyszło nam żyć u schyłku wieku, który uchodzi za wiek Nauki i Techniki. Jest to wiek komputerów i robotów, automatyzacji, elektroniki i nowej biologii.

ie i wiele innych jeszcze innowacji kształtują obraz naszego „nowoczesnego" życia. Ale nietrudno dostrzec, że nowoczesnością nazywamy stan, gdy połowa świata walczy o przetrwanie, a reszta boryka się z niepewną przyszłością!

Wydawać się może, że myślenie naukowo-techniczne, przynoszące wspaniałe wynalazki, nie idzie w parze z nowoczesnym myśleniem o społeczeństwie, z rozwojem organizacji i kierowania.

Rozważania o cybernetyce przepełnione są nieskrywanym optymizmem technicznym, lecz optymizmem, sąsiadującym niejako ze sceptycyzmem. Sceptycyzm bierze się z umiarkowanej oceny naszych zdolności systemowego myślenia i systemowego sterowania procesami istotnymi dla bytu społecznego. Optymizm wynika nie tylko z faktu ciągłego przesuwania granic poznania, lecz także rozszerzania zakresu twórczości artystycznej, możliwości kreacji „nowego wspaniałego świata". W tych rozważaniach sąsiadują z sobą dwie wielkie sfery twórczych działań człowieka: Nauka i Sztuka. Nauka i technika zaczynają niejako spłacać zaciągnięty niegdyś dług kulturze, wywierając na nią coraz większy wpływ. Elektronika, komputery, „sztuczna inteligencja" — są dziś istotnymi elementami zjawisk kulturowych.

„Nowa prawda naukowa — pisał wielki fizyk Max Planck — nie wskutek tego triumfuje, że uznali ją jej przeciwnicy, że ujrzeli światło, lecz dlatego, że jej przeciwnicy w końcu wymierają i wyrasta nowe pokolenie już dobrze z nią obeznane."

Cybernetyka we wczesnym okresie rozwoju miała wielu przeciwników. A jaki jest jej stan obecny i jakie będą perspektywy jej rozwoju, a także jaki będzie jej wpływ na bieg spraw, na nowy styl myślenia o rzeczywistości, odpowiadający wyzwaniom XXI wieku?

Książka nie jest jakąś historią cybernetyki, lecz właśnie próbą odpowiedzi na te pytania.

Przedstawiamy Czytelnikom tę pracę z nadzieją, że lektura jej przyniesie garść wiadomości o przedmiocie cybernetyki, a więc o tym, czym zajmują się cybernetycy. Może być ona także okazją do refleksji nad aktualnością stwierdzenia jednego z twórców cybernetyki, W. Rossa Ashby'ego: „Wydaje się, że nowe, proponowane przez cybernetykę podejście może nam pomóc w głębszym wniknięciu w istotę zjawisk; jeśli tak się stanie rzeczywiście, unikniemy pewnych pytań, jasno wykazawszy, że nie należało ich zadawać".

Szczęściem autora było, że krytycznymi, lecz życzliwymi zarazem recenzentami książki byli Maria Kempisty — pierwsza i najbardziej do dziś znana w Polsce kobieta-cybernetyk, oraz Robert Staniszewski — obecny prezes Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego. Dzięki Nim książka uzyskała postać zapewne znacznie korzystniejszą niż ta, która powstałaby bez Ich miłej i życzliwej pomocy.

Trudno mi znaleźć odpowiednie słowo, aby wyrazić to, co chciałbym wyrazić osobie, której książka została zadedykowana, a mianowicie pierwszej Czytelniczce. Po kilkunastu latach wspólnego życia nie przestała Ona być wyrozumiała, nie stając się, na przykład, zazdrosną o cybernetykę, chociażby z powodu czasu jej poświęcanego.

Piotr Sienkiewicz

Warszawa, latem 1985 roku

I. Geneza, czyli o narodzinach i twórcach cybernetyki

„Wszyscy wiedzą, że coś nie da się zrobić. I wtedy pojawia się ten jeden, który nie wie, że się nie da i on właśnie to coś robi".

(Albert Einstein)

Rozmyślania nad przeszłością cybernetyki skłaniają do ponownego sięgnięcia po książkę, której rok pierwszego wydania przyjmowany jest powszechnie za datę narodzin tej niezwykłej nauki. W historii nauki bardzo często datę powstania nowej dyscypliny naukowej utożsamia się z datą udostępnienia czytelnikom dzieła, w którym zostały sformułowane nowe idee, nowy program badawczy lub tzw. nowy paradygmat. Jest to niewątpliwie wygodne dla historyków myśli naukowej, choć zapewne stanowi znaczne uproszczenie. Nauka jest rezultatem świadomej działalności człowieka, dążącego do poznania obiektywnych praw rządzących rzeczywistością oraz posłużenia się nimi w praktycznym jej przeobrażaniu zgodnie z ludzkimi celami i potrzebami. Rozwój nauki jest więc procesem skomplikowanym, w którym istotną rolę odgrywają rozmaite czynniki: poznawcze (np. racje teoretyczne i empiryczne) i pozapoznawcze (np. motywy psychologiczne, potrzeby ekonomiczne państwa itp.).

Książka Norberta Wienera, którą pragniemy przypomnieć, nosi tytuł: „Cybernetics or control and communication in the animal and the machine" (Cyber-

netyka, czyli sterowanie i komunikacja w zwierzęciu i maszynie). Określono w niej przedmiot i istotę nowej nauki.

Zastanówmy się nad przyjęciem przez Czytelników tej, prawie dwustustronicowej, pracy w chwili jej pierwszego wydania, tj. w 1948 roku. Czy rzeczywiście jej opublikowanie mogło wywołać pewien szok w świecie nauki, czy w trzy lata po zakończeniu najstraszliwszej z wojen w dziejach ludzkości mogła ona oburzać lub wywoływać entuzjazm ludzi zmęczonych sześcioletnimi zmaganiami wojennymi? Należy chyba w to wątpić. Wydaje się raczej, że nieporozumienia i nadzieje, spory i dyskusje wokół cybernetyki pojawiły się nieco później. Gdy N. Wiener opublikował książkę, świat, albo cieszył się zakończeniem wojny i uwaga koncentrowała się na odbudowie powojennych zniszczeń, albo pogrążał się w apatii, pesymizmie zrodzonym przez „czasy pogardy". Warto wspomnieć, że w czasie tym w Europie Zachodniej pojawił się egzystencjalizm, który dobrze oddawał nastroje ówczesnej inteligencji i sprzyjał postawom introwertycznym. A przecież zbliżała się już „pierwsza zimna wojna".

Nas będzie jednak bardziej interesować inny powód. Książka Wienera nie jest bowiem łatwa w odbiorze, pisana chyba z myślą o matematykach i inżynierach i niejako na marginesie tego wszystkiego, co kilka lat później wywołało spory i nieporozumienia. Poszczególne jej rozdziały zawierają uwagi na temat czasu (w ujęciu newtonowskim i bergsonowskim) [1],

---

[1] Newton wierzył w pojęcie czasu absolutnego. „Absolutny, prawdziwy i matematyczny czas — pisał — sam z siebie i z własnego przyrodzenia płynie równomiernie bez powiązań z czymkolwiek z zewnątrz". Henri Bergson natomiast przyjmował, że czas wywodzi się całkowicie z doświadczenia subiektywnego.

mechaniki statystycznej, szeregów czasowych, drgań, chociaż także dotyczą sprzężenia zwrotnego, informacji, języka i społeczeństwa oraz relacji: maszyna cyfrowa a układ nerwowy. Bardziej frapująca wydaje się być treść dwóch rozdziałów, które znalazły się w drugim uzupełnionym o nie wydaniu (1961 r.). Dotyczą bowiem maszyn uczących się i samoreprodukujących się oraz układów samoorganizujących się, a więc tych koncepcji, które również dziś wzbudzają żywe zainteresowanie. Jest to więc bardzo specjalistyczna, niełatwa w odbiorze praca stricte naukowa, a nie jakieś żarliwe wyznanie nowej wiary. Można przypuszczać, że najbardziej prowokujący był... tytuł książki. Nawiązywał bowiem do koncepcji filozoficznych sprzed kilkuset lat i dlatego mógł nasuwać podejrzenia o powrót do poglądów określanych mianem wulgarnego materializmu, mechanicyzmu (materializmu mechanistycznego), naturalizmu (materializmu naturalistycznego), lub... jeszcze gorzej. I tak niestety się stało.

Dziś zdziwienie tylko musi budzić następująca charakterystyka cybernetyki: „Cybernetyka — reakcyjna pseudonauka, stworzona po drugiej wojnie światowej i szeroko propagowana również w innych krajach kapitalistycznych; postać współczesnego mechanizmu. Zwolennicy cybernetyki określają ją jako uniwersalną naukę o więzi i komunikacji w technice, o organizmach żywych i o życiu społecznym, o «powszechnej organizacji» i o kierowaniu wszystkimi procesami w przyrodzie i społeczeństwie... Ta mechanicystyczna metafizyczna pseudonauka daje się doskonale kojarzyć z idealizmem w filozofii, psychologii, socjologii... W cybernetyce ujawnia się w sposób jaskrawy jeden z podstawowych rysów światopoglądu burżuazyjnego — jego antyhumanitaryzm..."[2]. W 1954 roku w „My-

[2] Zob. „Krótki słownik filozoficzny", Warszawa 1955 r.

śli filozoficznej" pisano, że cybernetyka to „...bałwochwalstwo matematyzacji we współczesnej nauce burżuazyjnej" (nr 3) lub, że „cybernetyka mieści się w nadbudowie kapitalistycznej i traktuje niesłusznie na równi mechanizmy, zwierzęta, ludzi i społeczeństwo" oraz „...lansowanie cybernetyki w krajach kapitalistycznych ma dostarczyć niegroźnej namiastki naukowego materializmu" (nr 14). Cybernetyka padła ofiarą tezy „o zaostrzającej się walce klasowej" na początku lat pięćdziesiątych. A oto jak wspomina swe ówczesne perypetie Stanisław Lem: „Jedenaście lat temu siedziałem w Czytelniku przed uczonym gronem, które zawyrokować miało o wydaniu «Obłoku Magellana». Książkę tę, tak poczciwą, tak młodzieżową, posądzono o przemytnictwo, między innymi cybernetyki, której nie udało mi się skutecznie zakamuflować wydumaną nazwą mechaneurystyka".[3]

Na szczęście czasy te minęły bezpowrotnie i obecnie nikt już nie podejrzewa cybernetyki o jakieś „bezeceństwa", tzn. nie opatruje nie przemyślanymi etykietami. Wróćmy zatem jeszcze do okresu narodzin cybernetyki, poświęcając nieco uwagi postaci jej twórcy.

Norbert Wiener urodził się 26 listopada 1894 roku w Columbia, w stanie Missouri. Ojciec jego, profesor języków słowiańskich w uniwersytecie Harvarda, pochodził z Polski. Późniejszy twórca cybernetyki ukończył studia matematyczne i w 1913 roku uzyskał stopień doktora filozofii w harvardzkim uniwersytecie. Potem studiował w Cambridge i w Getyndze. Od 1932 roku był profesorem matematyki w słynnym MIT (Massachusetts Institute of Technology). Zajmował się teorią potencjału, teorią funkcji zmiennej rzeczywis-

---

[3] S. Lem, „Niebezpieczne związki", przedruk z: „Nowa Kultura" nr 21—22, 1962 w: „Rozprawy i szkice", Kraków 1975.

tej oraz innymi zagadnieniami matematyki i fizyki. Z jego imieniem wiąże się pewien typ równań całkowych. Największy rozgłos przyniosły mu prace, w których m.in. uogólniał zasadę sprzężenia zwrotnego ujemnego na układy automatycznej regulacji i organizmy żywe. Określają one podstawy cybernetyki, nauki, która przyniosła mu wielką sławę i której to nauce pozostał wierny aż do śmierci. Zmarł 18 marca 1964 roku w Sztokholmie.

Obok wspomnianej już pracy, od której „wszystko się zaczęło w cybernetyce", najbardziej znaną — także polskiemu czytelnikowi — jest niewielka książka pt. „The human use of human beings. Cybernetics and society".[4] Jest to esej matematyka, ale pisany chyba z myślą o niematematykach, a więc pozbawiony matematycznych formuł. Należy sądzić, że Wiener książką tą chciał przybliżyć cybernetykę humanistom, specjalistom nauk społecznych, wszystkim zainteresowanym nowym paradygmatem we współczesnej nauce. Książkę kończą charakterystyczne dla poglądów Wienera myśli: „Mówię o maszynach, lecz nie tylko o maszynach mających mózgi z miedzi, a ścięgna z żelaza. Gdy istoty ludzkie są wmontowane w system, w którym występują nie jako ludzie w pełni ponoszący odpowiedzialność, lecz jako tryby i dźwignie, jest rzeczą bez znaczenia, że substancja, z jakiej są uorobieni to ciało i krew. To, co jest używane jako element maszyny, jest w swej istocie elementem maszyny. Czy powierzamy swe decyzje maszynom z metalu, czy maszynom z ciała i krwi, jakimi są biura i laboratoria, armie i wielkie przedsiębiorstwa, nie otrzymamy nigdy właściwych odpowiedzi na nasze pytania, jeżeli nie będziemy zadawali właściwych pytań. (...)

---

4) Wydanie drugie poprawione ukazało się w Polsce pt. „Cybernetyka i społeczeństwo" w 1961 roku nakładem wydawnictwa „Książka i Wiedza".

Godzina jest późna i wybór pomiędzy dobrem i złem stuka do naszych drzwi"..

Z innych relacji Norberta Wienera wyłania się obraz nowatorskich badań, wypełnionych niezwykłą pasją twórczą i świadomością tworzenia czegoś niezwykłego. Sam Wiener uważa, że kiedy pisał „Cybernetykę" po raz pierwszy, za najpoważniejszą przeszkodę w osiągnięciu celu uważał fakt, że pojęcia z dziedziny statystycznej teorii informacji i sterowania stanowiły nowość, a nawet wstrząs w stosunku do ugruntowanych wówczas poglądów. W latach czterdziestych, podczas obiadowych spotkań przedstawicieli różnych dyscyplin wokół okrągłego stołu w niewielkiej amerykańskiej miejscowości Venderbilt Hall, po posiłku, uczestnik spotkania wygłaszał referat poświęcony zazwyczaj sprawom metodologii, zaś pozostali naukowcy... Oto, co pisze na ten temat Wiener: „Była to znakomita łaźnia dla niedowarzonych pomysłów, dla braku samokrytycyzmu, przesadnej wiary we własne siły i zarozumiałości. Kto źle znosił krytykę — nie pojawiał się więcej, jednak wśród pozostałych uczestników naszych spotkań znajdzie się niejeden taki, który jest przekonany, że stanowiły one ważny i trwały wkład w nasz rozwój naukowy".

Spotkaniom tym położyła kres zawierucha wojenna i odwołanie jednego z najaktywniejszych ich uczestników, profesora medycyny w Harvardzie, Arturo Rosenbluetha do Meksyku. Zakończył się wówczas okres niezwykle owocnej współpracy Wienera i Rosenbluetha rozpoczętej badaniami prowadzonymi dla celów wojskowych nad usprawnieniem systemu obrony przeciwlotniczej. Potrzeby wojskowe odegrały i w tym wypadku rolę stymulatora innowacyjnych badań rozwojowych. Już od dość dawna było bowiem wiadomo, że rozwój lotnictwa spowodował konieczność zmian w sposobach kierowania ogniem artylerii.

A w związku z tym, niezbędne obliczenia artyleryjskie powinna wykonywać aparatura sterująca, wykorzystująca metodę przewidywania przyszłego położenia samolotu, poruszającego się już z szybkością porównywalną z szybkością pocisku. Oprócz konieczności opracowania urządzeń technicznych wykonujących skomplikowane obliczenia i... przewidujących przyszłość a więc realizujących tak bardzo ludzkie czynności, pojawia się także konieczność uwzględnienia ludzkich charakterystyk sprawnościowych (dowódcy, celowniczego, pilota samolotu).

Prace te spowodowały, iż Wiener wspólnie z J. Biegelowem doszli do wniosku, że w celowym zachowaniu się niezwykle ważnym czynnikiem jest to, „co inżynierowie od spraw sterowania nazywają sprzężeniem zwrotnym". Zjawisko sprzężenia zwrotnego było już dość dobrze znane, a jego pozytywne i negatywne strony opisane, np. dla przypadków okrętowych mechanizmów sterowych. To samo zjawisko badane było także przez neurofizjologów, dla których obiektem był organizm ludzki, a ściślej układ nerwowy traktowany jako całość. Te różnorodne, na pozór odległe od siebie badania prowadziły do przekonania, że sprawy łączności i sterowania są ze sobą nierozdzielnie związane oraz koncentrują się wokół pewnego pojęcia uniwersalnego, tj. informacji, która może być przekazywana przez układy elektryczne, mechaniczne, nerwowe. Z kolei przekazywanie informacji wiąże się z pewnymi statystycznymi szeregami czasowymi, koniecznością odtworzenia pierwotnej postaci sygnału, podlegającego zakłóceniom (szumowi) podczas przesyłania itp. Powstały więc nowe problemy statystyczne, które dotychczas dość dobrze rozwiązywano w obszarze mechaniki statystycznej, lecz które obecnie musiano rozwikłać projektując systemy komunikacyjne. W związku z tym, że od czasu L. Boltzmana,

wybitnego zresztą znawcy zagadnień statystycznych, było wiadomo, iż „nie ma nic bardziej praktycznego od dobrej teorii", opracowano statystyczną teorię informacji. Z jej powstaniem wiąże się kolejna, wielce znacząca dla rozwoju cybernetyki postać, a mianowicie — Claude E. Shannona. O nim i jego dziele będzie mowa w dalszej części książki. Waga prac Shannona, a także jego wielkich poprzedników i wybitnych następców, polega na nadaniu informacji rangi zarówno pewnej ogólnej kategorii filozoficznej, jak i jednej z podstawowych cech ilościowych, a więc mierzalnych.

Venderbilt Hall stało się tym miejscem, w którym uświadomiono światu, że problemy komunikacji, sterowania i mechaniki statystycznej stanowią pewną całość i to niezależnie od tego, czy dotyczą maszyny czy istoty żywej. Jeśli dodamy do tego, że Wiener już od dawna wyrażał przekonanie, że najbardziej owocnymi terenami rozwoju nauki są obszary zaniedbane, pozostawione jako „ziemia niczyja" pomiędzy dobrze sprecyzowanymi dziedzinami nauki, to dla każdego stanie się sprawą oczywistą, że z dyskusji nad maszynami liczącymi, sprzężeniami zwrotnymi, łącznością itp. musiała zrodzić się nowa dyscyplina naukowa. Taka, której nie interesowałoby „tworzywo", z jakiego stworzony został przedmiot badań, lecz istota procesów sterowniczych. Do filozofii zbliżała ją natura wielu stawianych ogólnych pytań, zaś do matematyki nie tylko profesja Wienera i wielu innych, lecz skłonność do stosowania metod matematycznych i potrzeba tworzenia całkowicie nowych matematycznych metod opisu badanych zjawisk. Wpływ matematyki i logiki matematycznej stanowił wyjątkowe źródło cybernetycznych inspiracji. Innym niezwykle silnym stymulatorem badań w obszarze cybernetyki była, wspomniana już, mechanika statystyczna, której jednego

z twórców — W. Gibbsa — Wiener zawsze umieszczał obok największych uczonych pierwszej połowy XX wieku. Kolejną ważną, z punktu widzenia rozwoju cybernetyki, dziedzinę stanowiły badania nad organizacją kory mózgowej i mózgu, nad problemami połączeń synaptycznych włókien nerwowych z układem o zadanych właściwościach ogólnych. Prowadzili je m.in. Warren MacCulloch i Walter Pitts, wykorzystując osiągnięcia telekomunikacji do budowy instrumentu umożliwiającego niewidomym czytanie tekstu drukowanego za pośrednictwem narządów słuchu.

Jeszcze inny nurt badań tworzyły nowatorskie prace matematyków i techników nad stworzeniem maszyn liczących, zdolnych sprostać potrzebom obliczeniowym, które pojawiły się wraz z rozwojem fizyki jądrowej i nowych generacji uzbrojenia. W tej dziedzinie prym wiódł jeden z najwybitniejszych uczonych naszego stulecia, John von Neumann oraz A. Turing w Wielkiej Brytanii. Właśnie J. von Neumann z Wienerem zorganizowali w końcu zimy 1943 roku w Princeton spotkanie, na którym reprezentowani byli inżynierowie, fizjologowie i matematycy. Okazało się wnet, że poglądy fizjologów i projektantów maszyn cyfrowych są w wielu kwestiach wspólne, chociaż niekiedy wypowiadane w różnej formie. W tym czasie wiele wspólnych zagadnień podejmowali psychologowie (np. K. Lewin), socjologowie i antropologowie (M. Mead) i ekonomiści (O. Morgenstern), albowiem stało się już dla wszystkich niemal jasne, że informacja i sterowanie dotyczy nie tylko jednostek, lecz także całych społeczeństw. W dynamice społeczeństw ważną rolę odgrywają bowiem cykliczne procesy o naturze sprzężeń zwrotnych. Co prawda sam N. Wiener przyznawał, że w tej akurat dziedzinie nie oczekuje od cybernetyki zbyt wiele, gdyż był świadom niepewności danych uzyskiwanych

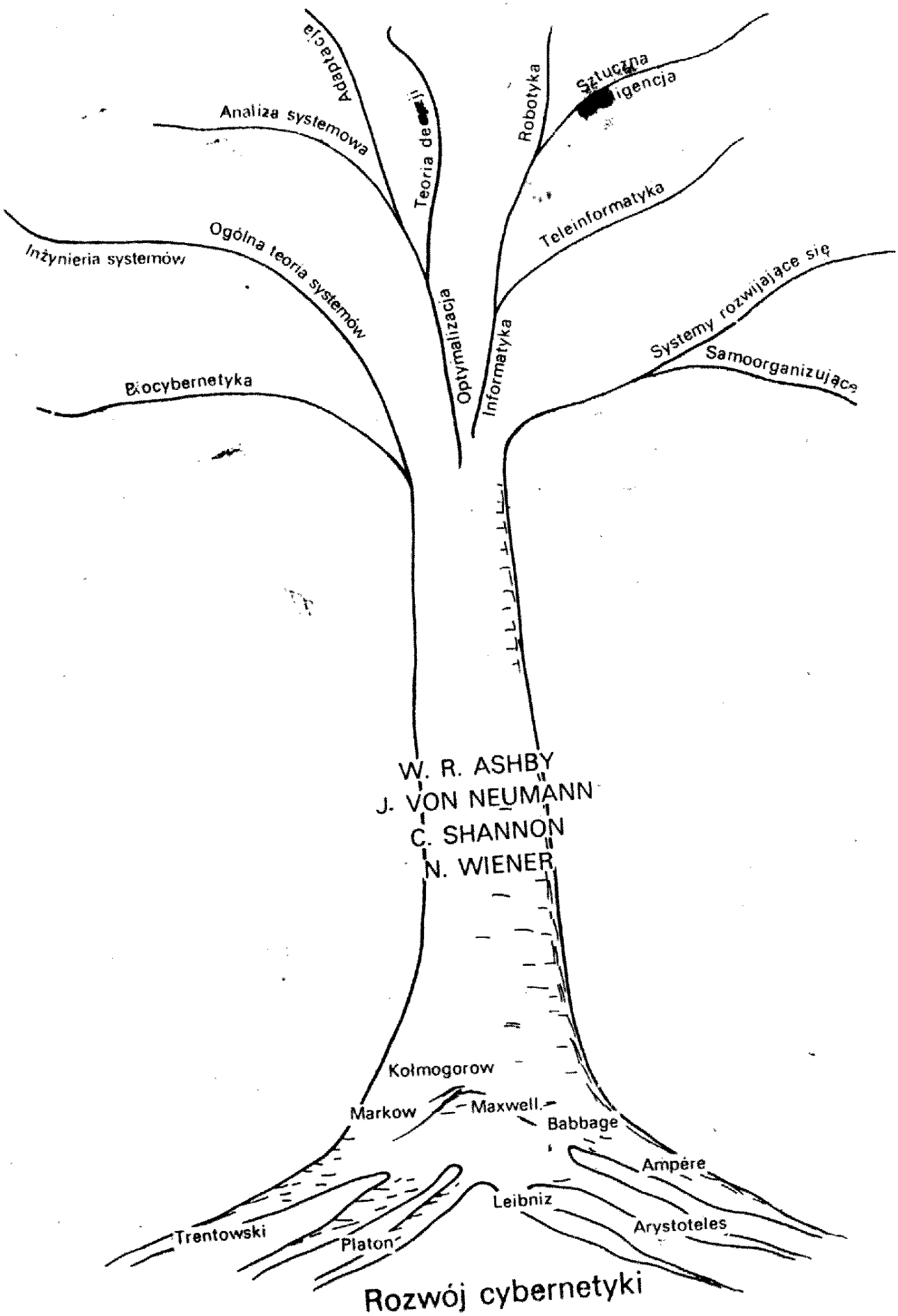
w badaniach nauk społecznych. Niestety, tego sceptycyzmu nie podzielano w późniejszych latach dość bezkrytycznie stosując w tych badaniach metody cybernetyki.

Z wielu różnych dyscyplin naukowych prowadziły zatem drogi do tej „ziemi niczyjej". Okazało się, że nie jest ona „niczyja", lecz raczej należy do wszystkich pospołu. Dotyczy bowiem problemów szczegółnych, tj. interdyscyplinarnych, czyli tak ogólnych, że otrzymane wyniki mogą być wykorzystywane w wielu różnych monodyscyplinach. Wtedy to, wspomina N. Wiener, „zdecydowaliśmy się nadać całej dziedzinie teorii sterowania i komunikacji w maszynach i zwierzętach nazwę cybernetyki, którą utworzyliśmy z greckiego κυβερνητης czyli sternik. Wybierając ją chcieliśmy podkreślić, że pierwszą z ważnych prac o mechanizmach ze sprzężeniem zwrotnym był artykuł Clarka Maxwella z roku 1868 o regulatorach, które autor określał nazwą governors pochodzącą właśnie od greckiego słowa κυβερνητης. Pragneliśmy również nawiązać do faktu, że okrętowy mechanizm sterowy jest w istocie jednym z najwcześniejszych i najlepiej rozwiniętych mechanizmów ze sprzężeniem zwrotnym. Jakkolwiek sam termin „cybernetyka" nie istniał przed latem 1947 roku, to jednak uznaliśmy za wygodne używać go w odniesieniu do wcześniejszych epok rozwoju tej dziedziny".

W takich to okolicznościach „przyszła na świat" cybernetyka. Dla wczesnego okresu jej rozwoju szczególne znaczenie miał Kongres Cybernetyczny w 1951 roku oraz prace prowadzone w różnych krajach przez takich uczonych jak: W.R. Ashby, S. Beer, W. Grey-Walter, L. Couffignal, J. Ducrocq, P. de Latile, A. Berg, A.N. Kołmogorow, W. Głuszkow, M. Amosow, W. Niemczynow i wielu innych. W tym samym czasie cybernetyka budziła już zainteresowanie w Polsce,

co prawda przez wielu nie podzielane, lecz przyszłość, jak się okazało, należała do „przekornych, samotnych i zuchwałych".

Przedstawiciele każdej nowej nauki szczególnie nie lubią, gdy się podejrzewa uprawianą przez nich dyscyplinę, że zjawiła się niczym Pallas Atena z głowy Zeusa. Aby zapobiec podobnym podejrzeniom najczęściej poszukuje się szlachetnych przodków. Odnalezienie ich, co na ogół nie sprawia większych trudności, niejako nobilituje nową naukę. Cybernetyka także posiada swych „szlachetnych przodków", dzięki czemu tkwi korzeniami w starożytności. Prawdopodobnie po raz pierwszy słowo „cybernetyka" zostało użyte przez Platona w „Gorgiaszu", który włożył w usta Sokratesa stwierdzenie, że chroni ona „od największych niebezpieczeństw nie tylko dusze, lecz również ciała i dobra". W pierwszej połowie XIX wieku wielki francuski matematyk i fizyk A. M. Ampère w pracy „Essai sur la Philosophie des Sciences" dokonał klasyfikacji nauk, nazywając cybernetyką ten dział polityki, który zajmuje się środkami rządzenia państwem. Właśnie Ampère w roku 1832 dość swobodnie przekręcił wyraz grecki „kubernetes" na „cybernetique", wprowadzając to pojęcie, jak się potem okazało, na stałe do języka nauki. Pojęcie to pojawiło się następnie w pracy Bronisława Trentowskiego, wydanej w roku 1843 przez księgarnię Żupańskiego w Poznaniu, pt. „Stosunek filozofii do cybernetyki". Warto dodać, że drugie wydanie tej pracy zostało opublikowane dopiero w roku 1974. Traktując cybernetykę podobnie jak Ampère jako część polityki, która zajmuje się „sztuką rządzenia narodem", B. Trentowski uważa, że krajem powinien rządzić „cyberneta", który „nie rodzi przyszłości jak rad by każdy zwolennik radykalizmu, lecz dozwala jej samej rodzić się samodzielnie, on zaś niesie jej pomoc jako doświad-



Rozwój cybernetyki

czony i wprawny polityczny akuszer (...) nie cyberneta rozwija polityczną działalność, lecz ludzkość sama się rozwija pod jego sterem (...) Ale czy każdy cyberneta jest królem? On jest najczęściej tylko ministrem".[5]

Poza już wymienionymi istnieje wiele jeszcze prac, zawierających koncepcje bardzo bliskie cybernetyce, aczkolwiek ich autorzy nie używają pojęcia „cybernetyka".[6]

Należy również wspomnieć o twórcach różnego rodzaju maszyn logicznych, takich jak: kataloński mnich R. Lulla (1232—1316), B. Pascal (1623—1662) — twórca arytmometru, Ch. Babbage (1791—1871) — twórca automatów rachunkowych, Abraham Stern (1768——1842). Stern jako czeladnik w warsztacie zegarmistrzowskim zbudował model maszyny, która wykonywała cztery podstawowe działania arytmetyczne, a napędzana była za pomocą korbki. Świadkiem prezentacji tego urządzenia w 1812 roku na posiedzeniu Towarzystwa Przyjaciół Nauk w Warszawie był Stanisław Staszic. Jako ciekawostkę warto dodać, że A. Stern był pradziadkiem Antoniego Słonimskiego. Ponadto warto wspomnieć o książce wielkiego matematyka francuskiego H. Poincarégo (1854—1912) pt. „Nauka i metoda", w której można odnaleźć pewien model cybernetyczny w postaci pomysłu sieci elektrycznej symulującej zachowanie układu nerwowego, a także o pracach I. Pawłowa (1849—1934) — twórcy

---

[5] W. Górawski: Bronisław Trentowski — pierwszy polski cybernetyk. Postępy Cybernetyki, z. 3—4, 1982.

[6] Wśród „praojców" cybernetyki należy widzieć twórców rachunku logicznego, takich jak: G. Leibniz (1646—1716), J. Bernoulli (1667—1748), G. Boole (1815—1865) — twórca algebry logiki, A. De Morgan (1806—1871, H. Spencer (1820——1903), Ch.S. Peirce (1839—1914), a także: A.N. Whitehead (1861—1947), B. Russel (1872—1970), K. Goedel (1906—1978), J. Łukasiewicz (1878—1956).

pojęcia odruchu warunkowego, odgrywającego w cybernetyce istotną rolę.

Dokonując swoistej podróży historycznej poruszalibyśmy się w kilku zasadniczych nurtach myślenia naukowego, wymieniając nazwiska wielkich uczonych i praktyków, na które nader ochoczo powołują się dziś cybernetycy. Te rozległe nurty to: nurt matematyczno-logiczny, nurt techniczno-logiczny i nurt biologiczny. W tym ostatnim znajdują się prace L. von Bartalanffy'ego, twórcy ogólnej teorii systemów. Wiele wątków bliskich cybernetyce odnaleźć można w pracach klasyków ekonomii (V. Pareto, L. Walras) i socjologii (T. Parsons), a także w prakseologii Tadeusza Kotarbińskiego.

W 1984 roku ukazało się drugie polskie wydanie ważnej i interesującej dla historyków „myśli cybernetycznej" pracy La Mettrie'go pt. „Człowiek — maszyna", która po raz pierwszy ukazała się w Lejdzie w końcu 1747 roku. Uważa się, że pod względem koncepcyjnym jest to dzieło wyprzedzające swą epokę o 200 lat. La Mettrie, reprezentując konsekwentny materializm mechanistyczny uważał, że istnieje tylko materia, więc zachodzą w świecie jedynie przebiegi mechaniczne. „Usiłował przekonać, że człowiek jest tak samo maszyną jak zwierzęta, tylko lepiej skonstruowaną i wyróżniającą się przypadkową własnością — mową". [7] O ile „Cybernetyka" Norberta Wienera spowodowała wiele dyskusji i nieporozumień, o tyle ze znacznie gwałtowniejszą reakcją spotkała się książka La Mettrie'go.

Dziś już nikt tak gwałtownie nie reaguje na koncepcje cybernetyków, nawet te najbardziej niedorzeczne i wręcz fantastyczne. Trudno się temu dziwić, ale zdziwienia większego nie wywołują też pseudo-

---

[7] W. Tatarkiewicz: Historia filozofii. T. 2 PWN, W-wa 1983 r.

naukowe i pranaukowe teorie dotyczące UFO, „[illegible]
kąta bermudzkiego", „życia po życiu" itp. Niekiedy można odnieść wrażenie, że prędzej uwierzy się np. w „cud uzdrowiciela" niż w autentyczne wyniki badań naukowych. Nie oznacza to, że gloryfikujemy racjonalizm, deklarując programową niejako wrogość wobec wszelkiej irracjonalności. Nie można się nie zgodzić z Janem Szczepańskim, który w pięknych i mądrych „Sprawach ludzkich" pisał: „Największym wrogiem racjonalizmu i wiedzy racjonalnej okazywała się zawsze arogancja zrodzona z technokratycznej ciasnoty umysłu, traktowanie wiedzy częściowej i niepewnej jako wiedzy pełnej i pewnej. (...) Głoszę konieczność (...) liczenia się z siłami irracjonalnymi w nas i uczenia się wykorzystywania ich dla celów racjonalnych". Dlatego chyba cybernetyka nie wywołuje już większych emocji, gdyż po prostu spowszedniała. Zwłaszcza że przestała oburzać. A jeszcze niedawno, podobnie jak za czasów La Metrrie'go oburzała, spotykając się z zarzutem, że degraduje człowieka. Na ten zarzut dowcipnie odpowiedział niegdyś Marian Mazur: „W interpretacji fizjologów miłość jest procesem opartym na działaniu gruczołów, ale przez to w najmniejszym nawet stopniu nie utraciła ona atrakcyjności. Raczej zyskała, dzięki zaleceniu, żeby trochę zadbać o te gruczoły".

Jeżeli cybernetyka cokolwiek „degraduje", to co najwyżej mity, które przez wieki narosły wokół spraw rządzenia, zarządzania, dowodzenia i sterowania (w organizmach żywych). Pozbawiła je pewnego piętna „cudowności", czegoś nadzwyczajnego, co może być udziałem tylko wtajemniczonych. Ukazała te zjawiska jako procesy, które można modelować, należy badać i trzeba nauczać praw nimi rządzącymi.

Zastanawiając się nad genezą cybernetyki zbyt mało uwagi poświęciliśmy rodzimym współtwórcom tej

nauki. Nie oznacza to, że w Polsce w omawianym okresie nic się w cybernetyce nie działo lub że działo się jedynie w sensie negatywnym, tj. tak, jak o tym wspomniał S. Lem. Po Październiku wiele spraw uzyskało należną im rangę, usunięto z wielu dyscyplin nauki klimat niezdrowego podniecenia. Ukazywały się wielce oryginalne prace Henryka Greniewskiego, Mariana Mazura i Oskara Langego. Zasługują na osobne potraktowanie, które mogłoby pozwolić na wyeksponowanie podstawowych walorów twórczości tych wybitnych uczonych i, być może, niektórych cech reprezentowanego przez nich stylu myślenia o cybernetyce. Wiadomo, że bardzo wcześnie rozpoczęły się „cyberiady" Stanisława Lema. Należą one z pewnością do najoryginalniejszych ujęć problemów poznawczych i praktycznych cybernetyki. I tak „Summa Technologiae" (1964) to istny katalog pomysłów i koncepcji, twórczo podejmujących wyzwanie intelektualne rzucone przez pierwszych cybernetyków i stawiających całkiem nowe pytania. „Dialogi" (1957), pisane w latach 1954—1956, wynikły, jak sam przyznaje autor, z urzeczenia cybernetyką. Zawierają m.in. przyczynek do cybernetycznej teorii socjopatologicznych zjawisk zarządzania, jedną z nielicznych prób cybernetycznej analizy patologii zarządzania. Szkoda, że nie znalazły „Dialogi" większego zainteresowania u przedstawicieli nauki o organizacji i zarządzaniu, zajmujących się w tym czasie całkiem innymi sprawami.

I w ten sposób, w wielkim skrócie, przedstawiliśmy narodziny cybernetyki i głównych jej twórców, rozpoczynając kolejną podróż po wybranych „odnogach głównego nurtu" myśli cybernetycznej. Zapoznamy się z dniem dzisiejszym cybernetyki, aby następnie podjąć próbę refleksji nad jej przyszłością.

Dziś już chyba nikt nie wierzy w to, że cybernetyka chroni przed jakimikolwiek niebezpieczeństwami „ciała, dobra i dusze", chociaż, być może, jest zdolna uchronić niejeden umysł przed popełnieniem błędów większych niż te, które mogłyby być popełnione, gdyby cybernetyki nie było. Jeśli jest tak w istocie, to uwierzmy, że chociaż część tych tęsknot, o których była mowa na początku, została spełniona... A to już doprawdy wiele...

II. Podstawy, czyli o pojęciach i metodach cybernetyki

„Badania naukowe polegają na tym, żeby, patrząc na to, co widzieli inni, dojrzeć coś, czego inni nie dostrzegli."

(Albert Szent-Gyorgyi)

Pod koniec lat pięćdziesiątych — jakby mało było przeróżnych nieporozumień i kłopotów w okresie wcześniejszym — dostrzegana była niechęć do cybernetyki i to ze strony środowisk, których o to nie należało raczej podejrzewać. Podobno, jeden z najbardziej znanych wówczas uczonych miał wyrazić się o cybernetyce: „Co to za nauka, która nie ma przedmiotu ani metody." Nie zamierzamy rozważać zasadności tej opinii, tak jak i zastanawiać się, czy podobnych zastrzeżeń nie można sformułować, na przykład, pod adresem prakseologii. Gdyby jednak takie refleksje pojawiły się, to niechybnie podejrzewano by, że cybernetyka „boi się konkurencji" ze strony prakseologii (lub systemologii czy synergetyki). Nie chodzi o to, aby „odgrzewać" przebrzmiałe już spory. Podejmując jednak próbę określenia naukowego statusu cybernetyki, chcąc nie chcąc, musimy wspomnieć o kilku, niekiedy rozbieżnych, stanowiskach.

O odrębności dyscypliny naukowej decyduje zakres jej zainteresowań, wyróżnia zaś przedmiot nauki, ściśle określony zakres, właściwe źródła i metody badawcze oraz środki działania. Zauważa się przy tym, że w miarę jednak rozwoju i ujawniającej się kom-

pleksowości zjawisk, dyscypliny naukowe poczęły obejmować coraz szersze kręgi, a osiągnięcia poszczególnych dziedzin dynamizować inne, nawet odległe, dyscypliny. W takich warunkach powstają dziedziny interdyscyplinarne.

Bardzo interesujących spostrzeżeń na ten temat dokonał Marian Mazur w książce „Cybernetyka i charakter". Otóż w nauce tradycyjnej, a więc tej „przedcybernetycznej", podejmowane były dwa obszary problemów:

— problemy abstrakcyjne rozwiązywane w matematyce oraz

— problemy konkretne monodyscyplinarne rozwiązywane w poszczególnych monodyscyplinach.

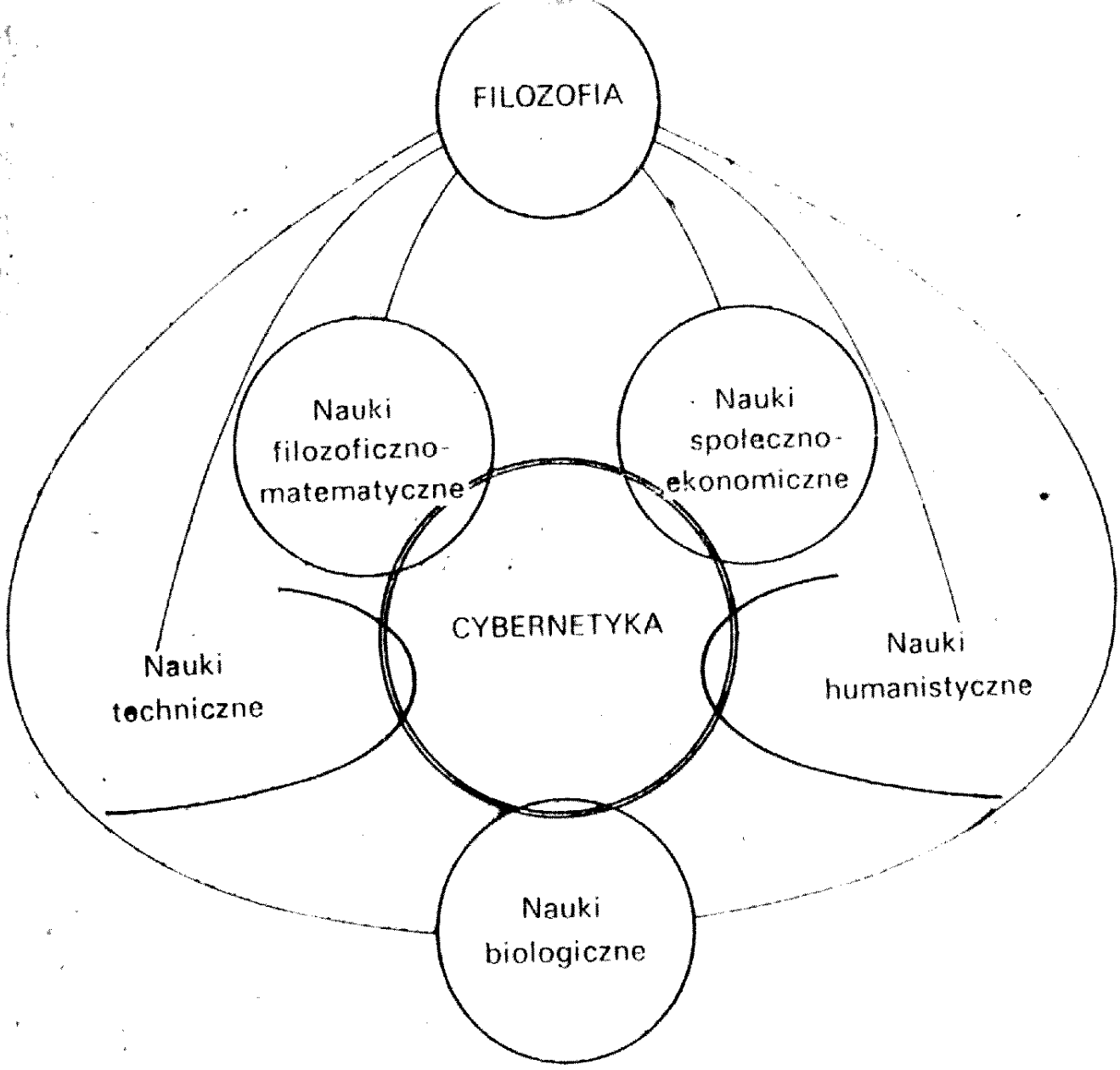
Monodyscypliny, niejako bezpośrednio zajmując się rzeczywistością, wytwarzały własny język, metodę i, jak trafnie zauważa M. Mazur, „broniły swego terenu" przed ingerencją innych monodyscyplin. Nie dostrzegały także potrzeby ingerowania w obszary zastrzeżone dla innych monodyscyplin. Niejako ponad nimi rozwijała się matematyka. W nauce „tradycyjnej" rzeczywistość obiektywna była jakby „fragmentaryczna", bowiem podzielona pomiędzy różne konkretne monodyscypliny. Potem, dokładnie kiedy — nie wiadomo, gdyż w różnych naukach odbywało się to w różnym czasie, „tradycyjna" struktura nauki poczęła ulegać zmianom. Dłużej już badania prowadzone w izolacji przez poszczególne monodyscypliny nie miały racji bytu. Okazało się, że rzeczywistość musi być traktowana w sposób całościowy, systemowy, a nie „we fragmentach" jak uprzednio. Pojawiła się nowa grupa problemów, tzw. problemy multidyscyplinarne, czyli takie, które są podejmowane wspólnie przez różne, niezależnie dotychczas rozwijające się monodyscypliny. W wielu dziedzinach osiągnięto taki poziom rozwoju, że powstała potrzeba pewnej integracji

w obrębie kilku monodyscyplin. Towarzyszył temu niezwykle dynamiczny rozwój matematyki, powstało wiele nowych gałęzi wiedzy matematycznej, która coraz częściej bywała „stosowana" i to w tych dziedzinach, które wydawały się dotąd niepodatne na „matematyzację". Z rozwojem matematyki szedł w parze rozwój logiki, a logiki formalnej w szczególności. Ją też przestano już traktować jako pewną „sztukę dla sztuki". Nadal jednak, pomiędzy coraz bardziej rozległym obszarem problemów konkretnych, monodyscyplinarnych i multidyscyplinarnych a problemami matematyki i logiki, abstrakcyjnymi przecież, rozciągała się pewna „terra incognita". I w XX wieku luka ta zaczęła się wypełniać. Wypełniły ją nauki systemowe, a przede wszystkim cybernetyka. Dodajmy, że według M. Mazura — tylko cybernetyka.

Cybernetyka podjęła obszar nowych problemów, tzw. interdyscyplinarnych, czyli „tak ogólnych, że otrzymane wyniki mogłyby być wykorzystywane w wielu różnych monodyscyplinach". Stała się interdyscypliną, nauką o sterowaniu. To już wiemy.

Cybernetyka była odpowiedzią na postępującą, często niebezpieczną, specjalizację. Ludwik Witwicki pisał na początku ubiegłego wieku, że: „Badacz, który w olbrzymiej winnicy ducha obrał sobie za specjalność np. dział węglowodorów, spogląda na zagony sąsiedzkie z obojętnością głazu. Ten jeden uprawiany zwalnia go od ciekawości, co się dzieje gdzie indziej". Przeciw takiej postawie wystąpili cybernetycy, oczywiście nie tylko oni. I powoli zaczęli wypełniać lukę, sięgając do matematyki, a dążąc przy tym do tego, aby ich użyteczność dostrzegli przedstawiciele monodyscyplin.

Zgodnie z podtytułem historycznej pracy N. Wienera, cybernetyka bada procesy komunikacji i sterowania. Proces komunikacji dotyczy jednego z naj-



Miejsce cybernetyki w systemie nauk

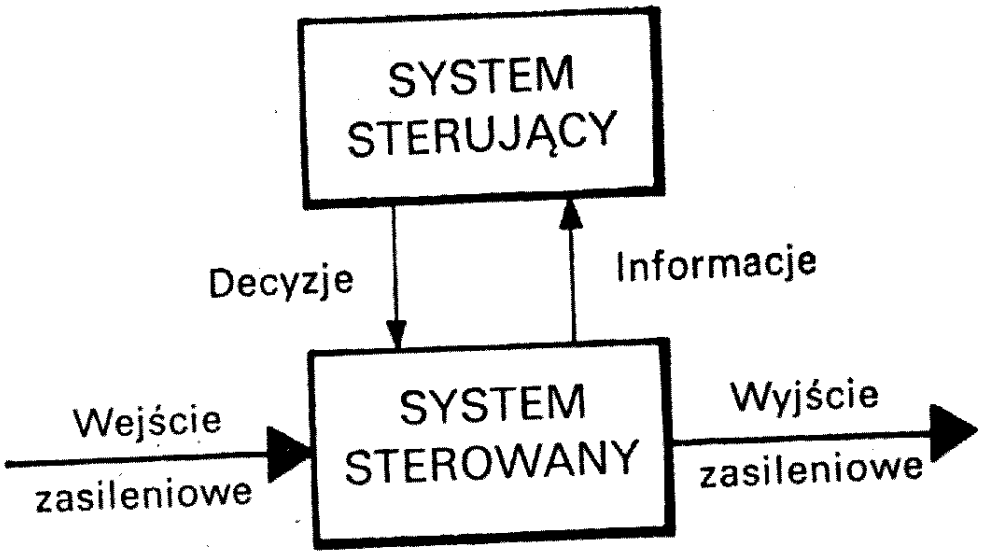
ważniejszych pojęć nie tylko dla cybernetyki, lecz dla całej nauki — pojęcia informacji i związanych z nim pojęć komunikatu i sygnału. Proces sterowania korzysta z komunikacji, z informacji bowiem w procesie sterowania musi zachodzić co najmniej jednokierunkowa komunikacja obiektu sterującego z obiektem sterowanym.

Sterowaniem określa się wszelkie celowe oddziaływanie jednego obiektu (układu, systemu) na drugi

w celu uzyskania określonych zmian przebiegu procesów zachodzących w innym obiekcie sterowanym. Sterowaniem systemu jest takie określenie jego funkcji wejścia, które zapewnia realizację celu postawionego przed systemem. Oznacza to, że system A jest sterowany przez system B, jeżeli wejścia systemu A są uzależnione od wyjść systemu B w sposób zapewniający osiąganie przez system A stanów określanych jako pożądane (lub przeciwdziałanie osiąganiu stanów niepożądanych z określonego punktu widzenia).

System A jest sterowany w torze otwartym przez system B, jeżeli wejścia systemu B są niezależne od stanu systemu A. Z kolei system A jest sterowany ze sprzężeniem zwrotnym przez system B, jeżeli wejścia systemu B są uzależnione od stanu systemu A. System A nazywa się systemem sterowanym (obiektem sterowania), a system B nazywa się systemem sterującym.

Sterowanie w cybernetyce rozumiane jest bardzo szeroko, gdyż jest nim zarówno sterowanie człowieka



Ogólny model systemu cybernetycznego

działalnością własną (np. przez mózg lub rdzeń ruchami mięśni), jak i sterowanie przez człowieka działalnością ludzi, sterowanie przez człowieka maszyną, a także samosterowne działanie maszyny — automatu.

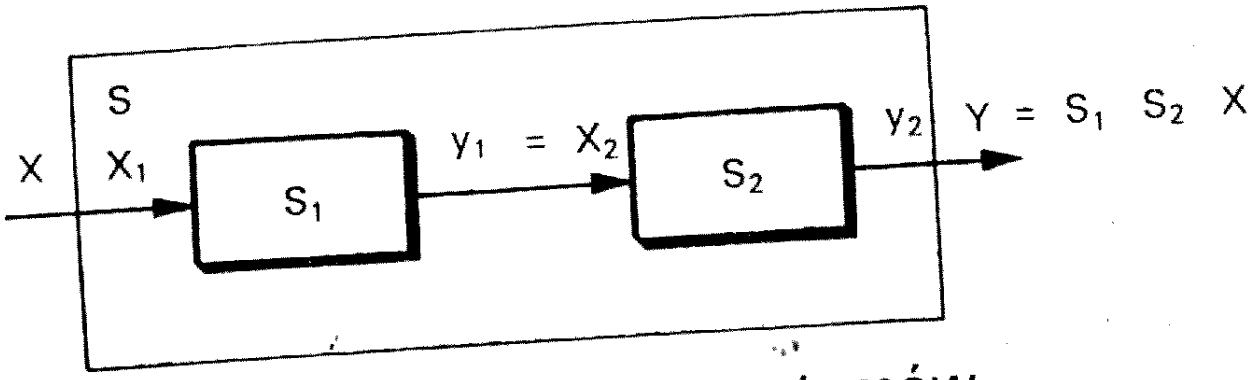
Sprzężenie to tyle, co oddziaływanie jednego obiektu na drugi. Główną funkcją sprzężeń jest stworzenie materialnych warunków dla przekazywania między układami efektów ich funkcjonowania w postaci reakcji, wyniku, stanu wewnętrznego itp. W.R. Ashby, traktując proces sprzęgania jako podstawową cechę każdego układu, podkreśla następujące aspekty zjawiska:

— sprzęganie dwu lub więcej wyodrębnionych układów, dające możliwość rozpatrywania całości jako układu jakościowo nowego,

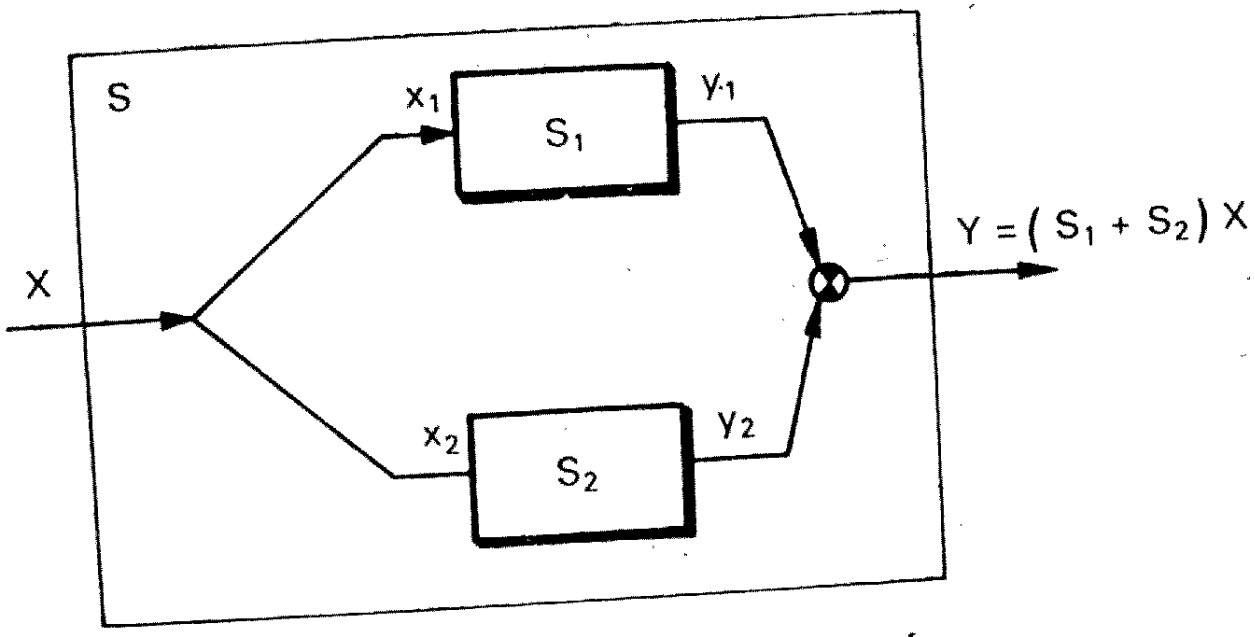
— rozpatrywanie każdego dowolnego układu jako uporządkowanego zbioru sprzęgniętych części, które na ogół mogą być rozpatrywane jako mniej złożone układy,

— sprzęgnięcie układu z otoczeniem, czego szczególnym przypadkiem jest proces badawczy lub projektowy.

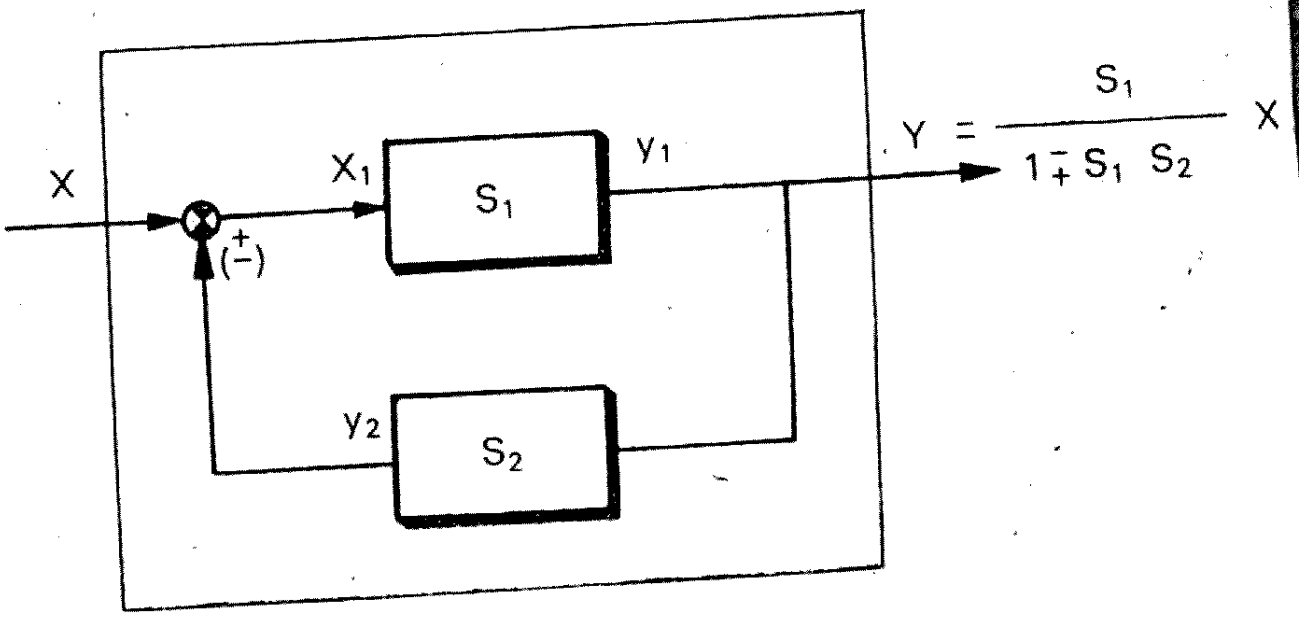
Sprzężenie zwrotne występuje wtedy, gdy dwa obiekty oddziałują na siebie wzajemnie, przy czym może ono przyjmować formę sprzężenia zwrotnego dodatniego lub ujemnego. Z pierwszą formą mamy do czynienia wtedy, gdy z obiektem sterowania jest sprzężony zwrotnie inny obiekt, którego zadaniem jest powiększanie skutków każdorazowych zakłóceń. Natomiast z drugą z wymienionych form sprzężenia zwrotnego mamy do czynienia wówczas, gdy z obiektem sterowania jest zwrotnie sprzężony inny obiekt, którego zadaniem jest zapewnienie, aby zadana norma sterowania była zachowana (np. zapewnienie stabilności obiektu sterowania).



Sprzężenie szeregowe systemów



Sprzężenie równoległe systemów



Sprzężenie zwrotne systemu

W powyższych rozważaniach nie interesowaliśmy się strukturą systemów, a więc tym, co się znajduje w ich „wnętrzu". Taka postawa wobec badanego obiektu uchodziła za swoistą metodę cybernetyki. Niegdyś określano ją mianem „czarnej skrzynki", „czarnej" ponieważ nie ma struktury lub nie stanowi ona przedmiotu zainteresowania. Metoda „czarnej skrzynki" jest metodą badania układów bez zajmowania się przyczynami dokonywania przez nie transformacji. Polega to na tym, że obserwowane są stany wejść oraz stany wyjść w celu znalezienia (identyfikacji) transformacji zbioru wejść w zbiór wyjść.

Drugim, podstawowym, obok książki Wienera, dziełem cybernetyki jest praca W. Rossa Ashby'ego pt. „Wstęp do cybernetyki" z 1958 roku. Według Ashby'ego, cybernetyka jest nauką o „wszelkich możliwych maszynach", zarówno tych, które Natura lub Człowiek stworzyli, jak i możliwych do stworzenia. Cybernetyki nie interesują jednak „maszyny" jako przedmioty, lecz sposoby ich zachowania. Jest więc ona funkcjonalna i „behawioralna". Właśnie ta metoda badania „maszyn" bez zajmowania się przyczynami dokonywania przez nie transformacji (wejść w wyjścia), to omówiona wyżej metoda „czarnej skrzynki". W.R. Ashby dokonał w swej pracy wielu uogólnień, formułując kilka interesujących myśli, takich jak:

— Nauka szuka rzeczy powtarzalnych

— Każde prawo przyrody jest ograniczeniem różnorodności [8]

---

[8] Do tej tezy interesująco nawiązuje S. Ehrlich („Oblicza pluralizmów") stwierdzając, że jego rozumienie wielości pluralizmów jest w pewnym sensie odpowiednikiem i konkretyzacją stanowiska Ashby'ego, zakładającego niezniszczalność różnorodności, która może być tylko zastąpiona przez inną, bardziej złożoną.

— Świat bez ograniczeń różnorodności byłby całkowicie chaotyczny

— Działając dostatecznie długo, można przekazać dowolną ilość różnorodności

— Sprzężenie zwrotne nie powoduje zwiększenia różnorodności

— Tylko różnorodność może zniweczyć różnorodność

— Podstawowym źródłem trudności jest różnorodność zakłóceń, przeciwko którym jest skierowana regulacja

— Wykonanie maszyny jest aktem regulacji

— Jeśli regulacja jest niemożliwa, organizm ginie

— Pamięć nie jest obiektywną własnością systemu.

Poświęćmy jeszcze nieco uwagi aspektom metodologicznym cybernetyki. Skoro przyjęliśmy za Wienerem, że przedmiotem cybernetyki jest sterowanie i przekazywanie informacji, to należy zauważyć, że zarówno sterowanie, jak i informacja są pojęciami empirycznymi i to niezależnie od tego, że pojęcia te na gruncie cybernetyki są powiązane z określonym aparatem matematycznym czy logicznym. Chociaż cybernetyka spełnia pewne analogiczne funkcje wobec nauk empirycznych co nauki formalne, to jednak sama nauką formalną nie jest. Należy się chyba zgodzić z poglądem, że pojęcia cybernetyki uzyskują związek z doświadczeniem poprzez ich interpretację w języku tej lub innej nauki i odwrotnie, zastosowania cybernetyki do rozwiązywania zagadnień tej czy innej nauki uwarunkowane są możliwością przełożenia jej pojęć na kategorie cybernetyki.

Nie oznacza to, że w gruncie rzeczy zastosowania cybernetyki do innych dziedzin wiedzy polegają na zastępowaniu starych terminów nowymi, „bardziej modnymi". Oczywiście przykładów takich „zastoso-

wań" można łatwo wiele znaleźć. One to przyczyniały się do podawania w wątpliwość skuteczności zastosowań cybernetyki. Jednakże w wielu przypadkach takie stosowanie cybernetyki, a ściśle jej terminologii przynosiło daleko posunięte uściślenie słownictwa dyscyplin, które dotąd charakteryzował werbalizm i skłonność, jak to określał Marian Mazur, do „wieszczenia". Dzięki cybernetyce wiele zagadnień zostało sformułowanych precyzyjnie, co jeszcze nie oznacza, że uzyskało efektywne rozwiązanie, chociaż niekiedy zostało ku niemu przybliżone. Ponadto wprowadzenie cybernetyki do innych nauk empirycznych pozwala często dostrzec analogie między procesami, których dotąd o żadne podobieństwa nie podejrzewano. Właśnie posługiwanie się analogią uważane jest za jedną z piękniejszych idei cybernetyki. Cybernetyka odkryła bowiem analogię, czyli izomorfizm w różnych dziedzinach rzeczywistości. Odkrycie tego izomorfizmu schematów działania pozwala na tworzenie ogólnej teorii układów, składających się z elementów wzajemnie na siebie oddziaływujących i układów pozostających w określonych stosunkach energetyczno-informacyjnych z otoczeniem. Dzięki temu pewne stare problemy filozoficzne, jak np. spory między redukcjonistami a antyredukcjonistami, mogą tracić swój metafizyczny sens.

Jako podstawową metodę badawczą cybernetyki należy traktować dedukcję, a więc ten typ wnioskowania, w którym konkluzja wynika logicznie z przesłanek. Formami dedukcji są zatem: przechodzenie od stosunków ogólnych między zjawiskami do poszczególnego wypadku, od pojęcia ogólnego do zawartego w nim pojęcia szczegółowego, czy przekształcanie danych wartości za pomocą dowolnych zmian niektórych elementów przy zachowaniu niezmienności innych. Obok dedukcji, cybernetyka posługuje się, oczywiście,

analizą i syntezą, a przede wszystkim modelowaniem.

O znaczeniu tego postępowania J. Kepler mawiał: „Szczególnie lubię podobieństwo — najważniejszego nauczyciela tajemnic przyrody", zaś C. Maxwell: „Procesy oraz stosowane w różnych naukach wywody są tak dalece podobne do siebie, że ich znajomość w jednej dziedzinie może być bardzo pomocna przy studiowaniu drugiej". Cybernetycy wysunęli z tych myśli chyba najwięcej wartościowych wniosków, doprowadzając metodę analogii niemal do perfekcji. Niekiedy jednak jej nadużywali i dlatego nie wszystkie rezultaty ich dociekań można uznać za udane. Czasami zawodziła intuicja, a czasami dawały znać o sobie braki w wiedzy szczegółowej dotyczącej istoty badanych zjawisk rzeczywistych.

W. Sztoff w swojej rozległej i kompetentnej pracy poświęconej modelowaniu („Modelowanie i filozofia", Warszawa 1971), proponuje następującą wyjściową definicję modelu: „Przez model rozumie się taki dający się pomyśleć lub materialnie zrealizować układ, który, odzwierciedlając lub odtwarzając przedmiot badania, zdolny jest zastępować go tak, że jego badanie dostarcza nam nowej informacji o tym przedmiocie". Możemy zatem powiedzieć, że model, zarówno w cybernetyce, jak i innych dyscyplinach, stanowi pewnego rodzaju odwzorowanie określonego obiektu rzeczywistego będącego oryginałem w inny obiekt pojęciowy, czyli jego obraz, wyrażony w przyjętym kodzie (języku) i wyrażający określony aspekt (cel) badań. W związku z tym modelowanie jest niczym innym, jak procesem konstruowania modelu przedmiotu badań. Spotykanemu niekiedy pojęciu „model cybernetyczny" będziemy nadawać sens takiego obrazu rzeczywistego obiektu, w którym odwzorowano podstawowe relacje (powiązania) pomiędzy systemem sterującym a systemem sterowanym oraz pomiędzy ni-

mi a otoczeniem. Model cybernetyczny może mieć postać nie tylko modelu matematycznego, chociaż jest to postać najbardziej pożądana, lecz np. modelu graficznego (schematu blokowego), zwłaszcza wtedy gdy formułujemy problem sterowania, albo gdy mamy do czynienia z cybernetyką „sposobem niematematycznym wyłożoną", by użyć słów H. Greniewskiego.

Dla każdego modelu określona jest pewna dziedzina badań oraz odwzorowywane są relacje między elementami tej dziedziny; założenia, zwłaszcza założenia idealizujące opisywaną rzeczywistość (wszak każdy model jest uproszczeniem swego oryginału, jego idealizacją); kryteria oceny, zaś kryteria poprawności (adekwatności) modelu w szczególności, a ponadto pytanie (wyrażone explicite bądź implicite), na które pragniemy dzięki modelowi odpowiedzieć.

We wszystkich naukach empirycznych, a powiedzieliśmy przecież, że cybernetyka nauką formalną nie jest, pytanie dotyczy rzeczywistości. Model może pozwolić na uzyskanie odpowiedzi na to pytanie, chociaż odpowiedzi nie wprost. Często się o tym zapomina i stąd niekiedy modele cybernetyczne są nijakie, tzn. niezbyt interesujące dla matematyka, a co gorzej również dla praktyka, który wszak oczekiwał rozwiązania swego problemu metodami cybernetycznymi. Dlatego, niejako ku przestrodze, celowe wydaje się przytoczenie, jakże mądrego, poglądu: „Modelowanie staje się często celem samym w sobie. Zapalony adept modelowania przypomina Pigmaliona, który wyrzeźbił posąg pięknej dziewczyny i zakochał się w niej. Spełniając jego błagania bogini Afrodyta obdarzyła posąg życiem i rzeźbiarz poślubił swój model. Współcześni specjaliści od modelowania dysponujący potężnym narzędziem-komputerem, mogą także poślubić swoje twory: model staje się rzeczywistością. Wszystko to

może być źródłem radości dla modelujących, bywa wszakże często koszmarem dla osób rozwiązujących rzeczywiste problemy". [9]

Wielki malarz Henri Matisse w odpowiedzi na zarzut, że nie widział takich kobiet, jakie przedstawia na płótnie, zauważył, że przecież nie tworzy kobiet, lecz maluje obrazy. Podobnie jest z twórcami modeli cybernetycznych. Oni też nie tworzą obiektów rzeczywistych, lecz tylko je modelują, czyli tworzą ich obrazy.

Czy cybernetyka „poszukującego Golema", a więc także swoistego modelu może spotkać los Pigmaliona? A jeżeli go znajdzie? Wtedy być może los nie poskąpi mu udręki Narcyza, zakochanego w swym odbiciu. Chodzi o te emocje, które przynoszą złudzenia, nie pozwalające zapomnieć o tym, że się ma do czynienia tylko z odbiciem rzeczywistości. A odbicie w lustrze może służyć do zachwytów, ale może także służyć do korekty oryginału, oczywiście jeżeli ona jest w ogóle możliwa.

Wiener uważał, że cybernetyka nic nie znaczy, jeśli nie jest matematyczna, przynajmniej potencjalnie. Pogląd ten w zasadzie akceptujemy, zaznaczając jednakże, iż cybernetyki nie będziemy traktować jako nauki formalnej. Jako nauki empirycznej także. Jest wytworem długiej ewolucji w obrębie różnych dziedzin. Stanowi to wyraz dialektycznego stosunku integracji i specjalizacji w nauce. Cybernetyka zresztą ujawniła więcej sprzeczności, a mianowicie: między całością a częścią, między strukturą a funkcją, między systemem a jego otoczeniem, między sterowaniem a procesami komunikacji, stabilnością a zmianą systemu, celem a efektem itp. Dostrzeżone zostały także wyrażane związki między cybernetyką a zasa-

[9] H.L. Linstone: Koncepcja wielorakiej perspektywy. (w:) Projektowanie i systemy, t. VI, Ossolineum 1984.

dami materializmu dialektycznego. To zbliżyło ją do filozofii i metodologii nauki. Nie należy się zatem dziwić, że dla wielu cybernetyka jest bardziej filozofią niż konkretną dyscypliną naukową. Cybernetyka ma więc niejedno oblicze. Nadaje to jej tajemniczości, ale także może przynieść nieporozumienia.

Można również powiedzieć, że „cybernetyka jest nauką o systemach cybernetycznych". Ta definicja wcale nie staje się tautologią, jeśli założyć, że wyjaśnia się równocześnie istotę tych systemów. Ponadto ten typ definiowania spotykany jest nader często w różnych dziedzinach matematyki i logiki. Oczywiście klasa obiektów badanych w cybernetyce, tzn. systemów cybernetycznych, jest inna niż w biologii, socjologii czy ekonomii. Ma ona charakter interdyscyplinarny, a więc obejmuje niejako te wszystkie szczegółowe systemy, które są badane w innych monodyscyplinach. Interesują ją jednak tylko pewne aspekty działania (funkcjonowania, zachowania) owych systemów, bowiem w przeciwnym wypadku trudno byłoby określić granice między cybernetyką, teorią systemów (nauką o systemach) i monodyscyplinami. Konstruowanie systemu cybernetycznego jest procesem abstrahowania nie tylko od realnego, fizycznego tworzywa, lecz także od architektury systemu, jego struktur, hierarchii.

W systemach cybernetycznych lub ich sieciach, tzn. wielkich systemach utworzonych z systemów mniejszych, z których każdy rozpatrywany jest jako system cybernetyczny, interesują cybernetyka procesy dwojakiego rodzaju:

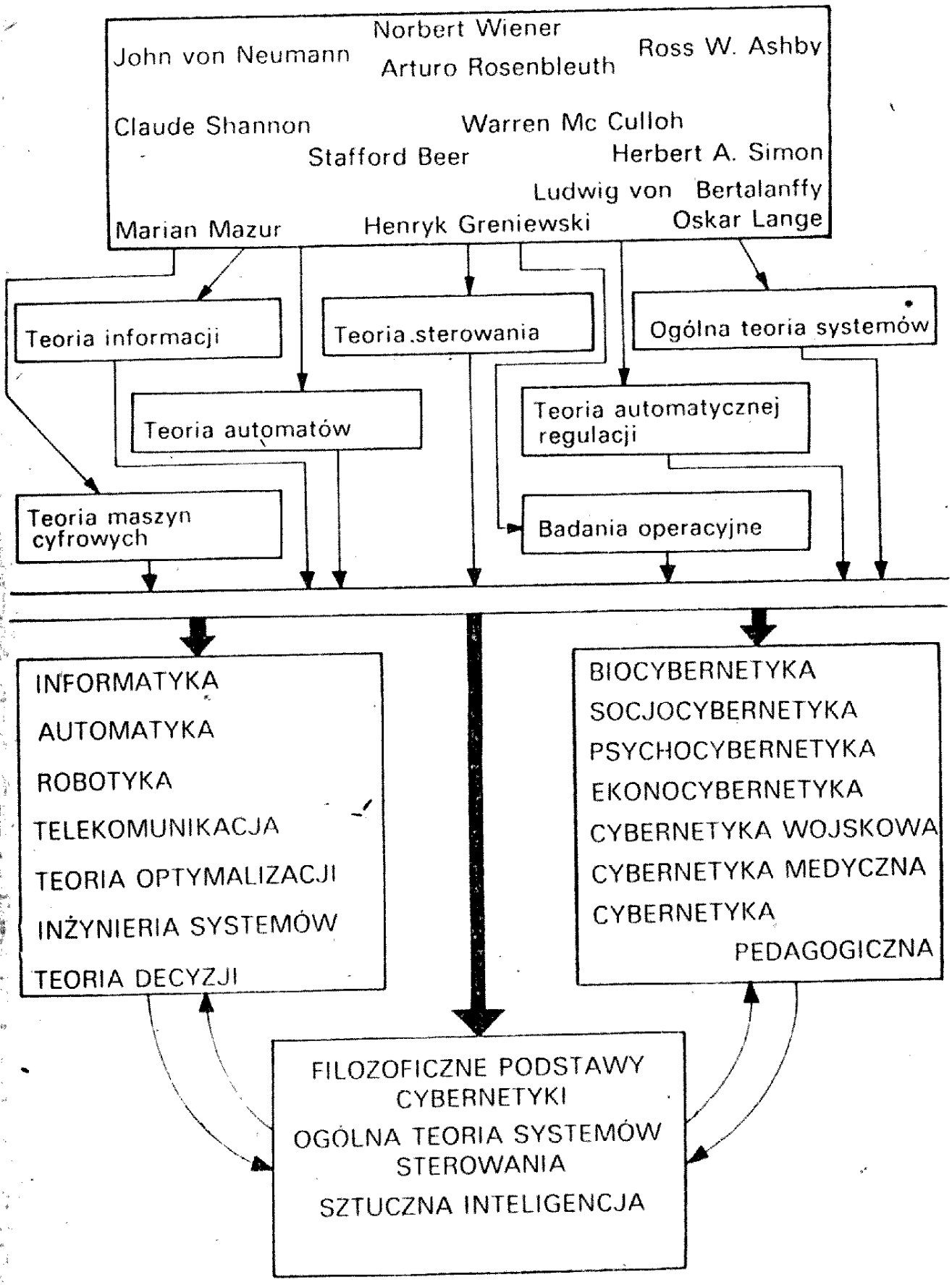
— transformowanie zasileń, energii i materiałów (czyli sterowanie) oraz

— transformowanie informacji (czyli komunikacja łączność).

Cybernetyk koncentruje uwagę na określeniu takich

funkcji wejścia systemu, aby został zrealizowany (osiągnięty) cel postawiony przed tym systemem. Oznacza to, że przedmiotem badań jest algorytm sterowania, a dokładniej sposoby skonstruowania algorytmu efektywnego, tj. zapewniającego osiągnięcie celu (celów) w pożądanym stopniu. Oczywiście cybernetyka może interesować jeszcze bardzo wiele spraw i, o ile wiążą się z usprawnianiem sterowania (lub projektowaniem nowych systemów sterowania), nikt nie powinien mieć pretensji o to, że cybernetyka „ingeruje", „przeszkadza", „zaciemnia" itp., chyba że rzeczywiście „cybernetyczna ingerencja" spowodowała, że bieg spraw jest znacznie gorszy niż za dawnych, dobrych (czyli niecybernetycznych) czasów. Dziś z takimi wątpliwościami spotykamy się coraz rzadziej, albowiem w wielu przypadkach systemu sterowania nie sposób zaprojektować bez znajomości metod i modeli cybernetyki.

Nie ma natomiast jasności do końca, jeśli chodzi o strukturę cybernetyki i jej związki z innymi dyscyplinami. Co czynić, jeśli np. M. Mazur twierdził, „że przecież to jasne, że teoria systemów jest dziełem cybernetyki", natomiast wybitny radziecki cybernetyk D.A. Pospiełow uważa, że jest akurat odwrotnie. A co z informatyką, która „zabrała komputery" i rozpoczęła samodzielny żywot, a co z robotyką, która z kolei „zabrała roboty", podobnie z automatyką, „sztuczną inteligencją", optymalizacją itp. Chcemy wykazać zrozumienie dla tych „separatystycznych" tendencji, wszak są one, jak powiedzieliśmy, wyrazem pewnej dialektycznej sprzeczności w procesie rozwoju nauki, w którym dostrzegana jest zarówno integracja, jak i dyferencjacja. Tylko co wtedy pozostanie z cybernetyki? Zwłaszcza że „separatyści" nie chcą się najczęściej przyznawać do jakowyś związków z cybernetyką. Czy pozostanie tylko półka z tomami dzieł



Ogólna struktura cybernetyki

klasyków cybernetyki? „Czy zostanie na dnie popiołu gwiaździsty dyjament, wiekuistego zwycięstwa zaranie..."

Przyjmijmy, że struktura cybernetyki jako interdyscypliny jest hierarchiczna. Najwyższy poziom stanowi cybernetyka ogólna, a więc metodologia i „filozofia" cybernetyczna. Poziom pośredni zajmują: teoria systemów cybernetycznych (teoria modelowania cybernetycznego), ogólna teoria systemów sterowania jako „jądro" cybernetyki, ogólna teoria informacji i ogólna teoria decyzji jako działy pełniące funkcję „służebną" względem poprzednio wymienionego działu oraz tzw. sztuczna inteligencja ze względu na jej syntetyzujący charakter.

Na poziomie najniższym wyróżnijmy dwie grupy dziedzinowe, różniące się między sobą stopniem autonomii. Dziedziny cybernetyczne o dużym stopniu autonomii to: informatyka, czyli nauka o komputerach i ich zastosowaniach; automatyka, ale w sensie teorii i praktyki systemów kompleksowej automatyzacji; matematyczna teoria optymalizacji (do niej przyznaje się także matematyka), inżynieria i analiza systemów (do nich przyznają się badania systemowe) i telekomunikacja (ta zaś zapomniała, że cybernetyka dała jej ścisłe podstawy naukowe), a także robotyka, znajdująca się cokolwiek na styku automatyki i informatyki. Grupa druga obejmuje dziedziny, które są niejako skutkiem zastosowania metod cybernetyki w określonych monodyscyplinach. W skład jej wchodzą: biocybernetyka, bionika i cybernetyka medyczna, ekonocybernetyka czyli cybernetyka ekonomiczna, socjocybernetyka czyli cybernetyka społeczna, cybernetyka techniczna, psychocybernetyka, cybernetyka pedagogiczna i dydaktyczna, lingwocybernetyka czyli lingwistyka cybernetyczna, cybernetyka wojskowa. Powstały więc nowe specjalności będące rezultatem zastosowań

cybernetyki w różnych dyscyplinach, przy czym niekiedy stały się „naturalną" ich częścią, zaś kiedy indziej czymś w rodzaju podrzutka, do którego jakoś nie chce się przyznawać ani cybernetyka, ani dana monodyscyplina.

Przedstawiony zarys struktury cybernetyki jest jednym z możliwych spojrzeń na wnętrze nauki o sterowaniu. Inne przedstawiono na rysunkach. Nie wyczerpuje to wszystkich jej aspektów ani też z pewnością nie zadowoli zarówno entuzjastów, jak i przeciwników cybernetyki. Dla pierwszych będzie za ubogi, dla drugich zbyt bogaty. I na to nie ma chyba rady, a raczej jest — nie przywiązywać zbytniej wagi do nazw, klasyfikacji, typologii itp. Im więcej czasu poświęca się tym sprawom, tym mniej czasu pozostaje na rozwijanie metod i tworzenie efektywnych modeli. Tego oczekuje od nauki praktyka społeczna.

Bez względu na wnioski płynące z powyższych rozważań na temat przedmiotu, metod i struktury cybernetyki, warto uwzględnić wniosek zawarty w rozważaniach E. Carra (dotyczących kryzysu lat dwudziestych): „Żadna nauka nie zasłuży na swoje miano, zanim nie nabierze dosyć pokory, aby nie uważać się za wszechmocną i móc odróżnić analizę tego, co jest, od dążenia do tego, co być powinno. (...) Każde zdrowe ludzkie działanie, a w tym także zdrowe myślenie, musi wypracować równowagę pomiędzy utopią a rzeczywistością, pomiędzy wolną wolą a determinizmem. Realista całkowity, odrzucając ciąg przyczynowy pozbawia się możliwości zarówno zozumienia rzeczywistości, jak i procesu, dzięki któremu ma ona być zmieniona. Charakterystycznym błędem utopisty jest naiwność, realisty — jałowość".

III. Całość to więcej niż suma części, czyli o systemach

„Nie powinniśmy nigdy zapominać, że każde osiągnięcie naszej wiedzy raczej stawia problem niż go rozwiązuje."

(Louis de Broglie)

Stwierdzenie widoczne w tytule tego szkicu przypisywane jest Arystotelesowi i on uważany jest za ojca badań systemowych. Wnioski płynące z uwagi Arystotelesa sprowadzają się w zasadzie do tego, że badane obiekty, wyróżniane w określony sposób z rzeczywistości, należy traktować jako całości i że badanie tych całości ma swoją rację bytu. Części, tworzące całość, dzięki ich wzajemnym związkom w ramach tych całości, nabywają pewnych szczególnych cech — cech systemowych.

W ostatnich latach zapanowała moda na systemy. Niemal wszyscy, jeśli nie zajmują się systemami, to stosują metodę, podejście, ujęcie systemowe. Systemy są wszędzie, zwłaszcza w przeróżnych wypowiedziach i to bez względu na zasadniczy sens prezentowanych poglądów politycznych, ekonomicznych, filozoficznych, technicznych itp. „Systemy, systemy, systemy" — chciałoby się sparafrazować inne słynne powiedzenie. Słowo „system" ma w różnych zresztą językach bardzo wiele znaczeń. Mówi się zatem o systemie w znaczeniu metody (system parzenia kawy), doktryny (system islamski), poglądu naukowego (system kopernikański), sposobu rozumowania (system logiki), spo-

sobu (system WM w piłce nożnej), klasyfikacji geologicznej (system mezozoiczny), ustroju społeczno-politycznego (system kapitalistyczny), organizacji (system gospodarczy) itd.

Dołożymy starań, aby o systemie mówić w sposób ścisły, przestrzegając określonych reguł.

Systemem nazywać będziemy każdy złożony obiekt wyróżniony z badanej rzeczywistości, stanowiący całość tworzoną przez zbiór obiektów elementarnych (elementów) i powiązań (relacji) pomiędzy nimi.

Być może nie jest to określenie najprostsze, a na pewno nie tak proste, jak odpowiedź na pytanie: „co to jest system?", której udzielił G. Weinberg („Myślenie systemowe"): „Jak to wie każdy poeta, jakiś system — to jakiś sposób patrzenia na świat". Z kolei, w pracy W. Sadowskiego („Ogólna teoria systemów") odnajdziemy około trzydziestu różnych definicji i określeń systemu. Będzie więc lepiej, jeśli zgodzimy się z propozycją przedstawioną wyżej. Zwłaszcza że dobrze oddaje sens, jaki pojęcie systemu zyskało na gruncie cybernetyki i teorii systemów.

System jest więc całością, czyli czymś odmiennym niż przypadkowe zbiorowisko części. Ma określony skład, czyli zbiór elementów oraz określoną strukturę, czyli zbiór relacji między tymi elementami. Ponadto został wyróżniony w określony sposób, czyli jest rozpatrywany z określonego punktu widzenia. Jest też pojęciem pokrewnym takim, jak układ względnie odosobniony, „maszyna cybernetyczna", „organizm" itp.

Ścisłość w używaniu pojęcia systemu przejawia się w przestrzeganiu następujących zasad:

— ścisłe określenie granic i wnętrza systemu,

— niezmienność dokonanego rozróżnienia, między systemem a jego otoczeniem w trakcie badań,

— zupełność podziału wewnętrznego (na podsystemy),

— rozłączność systemów i ich podsystemów.

Powiemy, że całością jest coś, co stanowi zbiór pełny (zamknięty), jest w określony sposób wyróżnione z otoczenia oraz składa się z części, które dadzą się oddzielić, lecz które są związane ze sobą w określony sposób. Całość jest zawsze obiektem różnym w stosunku do jej części, nadaje bowiem sens istnieniu (funkcjonowaniu) swych części. Wynika stąd, że system jako całość przeciwstawiany jest analityczno-sumacyjnemu (mechanicystycznemu) widzeniu świata.

Systemowe widzenie świata to spoglądanie nań przez swoisty instrument, który J. de Rosnay nazywa makroskopem. „Nazwy mikroskop i teleskop kojarzą się z wkroczeniem nauki w świat nieskończenie mały i nieskończenie wielki. (...) Dzisiaj stajemy przed inną nieskończonością: przed nieskończenie złożonym. Tym razem jednak brak nam instrumentu badawczego. Pozostaje jedynie umysł ludzki, inteligencja i logika, bezbronne wobec ogromnej złożoności życia i społeczeństwa. (...) A więc potrzebujemy nowego narzędzia. Narzędzia, które — niezależnie od przydatności mikroskopu i teleskopu do naukowego poznania wszechświata — byłoby przeznaczone dla tych wszystkich, którzy próbują zrozumieć i umiejscowić swoje działanie. A więc zarówno dla kierujących wielką polityką, nauką, przemysłem, jak i dla każdego z nas. Narzędzie to nazywam m a k r o s k o p e m (macro: wielki, skopein: obserwować)". [10]

Oczywiście makroskop jako coś fizycznego nie istnieje, jego istnienie jest symboliczne. Oznacza pewną postawę wobec rzeczywistości i pewien styl myślenia o niej. Patrząc na świat przez makroskop postrzegamy go jako świat systemów. „Regulując ostrość" ma-

[10] J. de Rosnay: Makroskop. PIW, Warszawa 1982.

kroskopu koncentrujemy uwagę bądź na związkach obserwowanego systemu z innymi systemami, bądź na związkach między tworzącymi go elementami, czyli na strukturze.

Współczesne badania systemowe mają kilka źródeł. Są one wytworem ostatnich kilkudziesięciu lat, jednakże dowodzą istnienia pewnej ciągłości tradycji naukowej postawy wobec rzeczywistości. Wystarczy zwrócić uwagę na kilka faktów, np. w badaniach socjologicznych A. Comte wolał tłumaczyć człowieka przez ludzkość a nie odwrotnie, zaś E. Durkheim traktował całość społeczną jako coś, co stanowi połączenie jednostek, niczym molekuł złożony z atomów. Pojęciem systemu społecznego posługiwali się Pareto, Znaniecki, Parsons.

W psychologii pojawił się w latach dwudziestych kierunek zwany gesztaltyzmem, głoszący tezę o zorganizowanym charakterze zjawisk świadomości. Wybitny psycholog — strukturalista J. Piaget przeciwstawiał struktury skupiskom, to jest czemuś, co powstaje z elementów niezależnych od całości.

W biologii idee tzw. organicyzmu sformułował Ludwig von Bertalanffy, który następnie sformułował program ogólnej teorii systemów. Bertalanffy pierwszy traktował obiekty biologiczne jako zorganizowane układy dynamiczne. Wyraził on pogląd, że organizm żywy jest systemem, w którym rola poszczególnych części (podsystemów) jest uzależniona od ich miejsca w całości.

Zastanówmy się teraz nad wyróżnikami podejścia systemowego. Wydaje się, że najważniejszymi są następujące:

— traktowanie badanego (tworzonego) obiektu jako systemu,

— traktowanie danego systemu jako obiektu złożonego z wzajemnie powiązanych podsystemów,

— traktowanie danego systemu jako obiektu należącego do większego systemu, czyli będącego jego podsystemem,

— świadome posługiwanie się modelem systemu w wyraźnie sprecyzowanym celu badawczym (lub praktycznym).

Ujęcie systemowe tym różni się od podejścia, które nazwiemy tradycyjnym, że: łączy, koncentruje się na oddziaływaniach między elementami zamiast wyodrębniać, czyli koncentrować się na elementach; bada efekty oddziaływań zamiast badać ich charakter; modyfikuje równocześnie grupy zmiennych zamiast modyfikować pojedyncze zmienne charakteryzujące obiekt; stosuje modele ogólne zamiast modeli szczegółowych; opiera się na znajomości potrzeb i celów systemu zamiast na znajomości różnorodnych szczegółów. Ponadto ujęcie systemowe jest typowym ujęciem interdyscyplinarnym.

Niewątpliwymi zaletami metody systemowej są reguły uniemożliwiające dowolności interpretacyjne w toku rozwiązywania problemów oraz powodujące, że metoda ta nadaje się do rozwiązywania problemów dotyczących tzw. wielkich systemów, których elementy mogą być traktowane jako systemy. I dlatego metoda systemowa korzysta zarówno z technik analitycznych (matematycznych), jak i technik heurystycznych. Jest pewnego rodzaju próbą kompromisu między matematyczną ścisłością a heurezą, w której jest miejsce na intuicję, tricki itp. [11] Nie oznacza to pewnej „żonglerki" pojęciami i technikami postępowania poznawczego i praktycznego. „Podejście sys-

---

[11] Heurystyka (gr. heuriskō = znajduję). Sztuka dyskutowania, zmierzającego do wykrycia prawdy, powstała wśród sofistów w starož. Grecji; umiejętność wykrywania nowych faktów i związków między faktami, dzięki którym dochodzi się do poznania nowych prawd, zwłaszcza stawiania hipotez.

temowe nie jest żadnym sensacyjnym wynalazkiem, lecz kombinacją rozsądnie zestawionych reguł myślowych" (R. Haberfellner).

Wiele miejsca w rozważaniach na temat systemów zajmuje sztuka ich modelowania, czyli proces konstruowania obrazu systemu rzeczywistego, wyrażonego w przyjętym języku (kodzie), zgodnie z wiedzą podmiotu (badacza). Rezultatem tak pojętego modelowania systemu jest jego model.

Stosowane obecnie modele systemów można klasyfikować według różnych kryteriów, takich jak: cel (przeznaczenie), stosowany język modelowania, aspekt badań itp. Ze względu na język opisu systemów można wyróżnić modele: naturalne (werbalne), formalne (logiczne) i matematyczne. Ze względu na przeznaczenie mówi się często o modelach: objaśniających (służących wyjaśnieniu zasad funkcjonowania systemów), ocenowych (służących ocenie systemów), decyzyjnych (służących podejmowaniu decyzji) i prognostycznych (służących przewidywaniu zachowania systemu w przyszłości). W szczególności przedmiotem modelowania może być struktura (własności strukturalne) systemu, funkcjonowanie (działanie, zachowanie) systemu, a także jego rozwój. Ze względu na technikę postępowania z modelem (eksperymentowania) można wyróżnić modele analityczne (normatywne) i modele symulacyjne. W przypadku pierwszym do pożądanych wyników dochodzi się rozwiązując np. równania różniczkowe opisujące dynamikę systemu, zaś w drugim — drogą przeprowadzenia wielu eksperymentów za pomocą komputera. Spośród innych modeli systemów można wyróżnić, omówione już, modele cybernetyczne oraz modele prakseologiczne.

Powstaje jednak pytanie, które należało postawić na wstępie niniejszych rozważań. Po co tworzy się modele systemów? Za tworzeniem modeli przemawia

nie tylko skłonność wielu badaczy do posługiwania się, niekiedy bez większej ku temu potrzeby, formalnymi opisami. Wielu rzeczywistych, istniejących systemów nie sposób badać „bezpośrednio". W tym celu trzeba posłużyć się jego uproszczonym opisem, aby go następnie użyć do eksperymentowania, dzięki czemu można uzyskać nowe informacje o systemie rzeczywistym. Obraz projektowanego systemu powstaje w umyśle projektantów, następnie przybiera postać określonego modelu, który pozwala na zweryfikowanie jakości systemu jeszcze przed jego praktyczną realizacją, gdyż potem jest na ogół za późno na np. modyfikację systemu. Jest jeszcze jeden powód, któremu poświęciliśmy sporo uwagi w poprzednim szkicu. Mamy na uwadze jeden z zasadniczych celów badań cybernetycznych, a mianowicie dążenie do sterowania działaniem systemu posługując się modelem procesu, zamiast tylko intuicją, doświadczeniem czy sztywnymi, niegdyś ustalonymi, regułami.

Wśród nader licznych teorii systemów, oferujących różne mniej lub bardziej ogólne modele systemów, na szczególną uwagę zasługują: teoria wielopoziomowych hierarchicznych systemów M. Mesarovica, G. Klira ujęcie teorii systemów ogólnych, L. Zadeha teoria systemów rozmytych, teoria systemów dynamicznych H. A. Arbiba, R. Kalmana i P. Falba, W. Burkowa teoria systemów aktywnych, J. Koniecznego inżynieria systemów działania, J. Jaronia teoria systemów cybernetycznych itp.

Szczególną uwagę zwraca, nie tylko ze względu na aksjomatyczny charakter, teoria systemów Mesarovica. Według Mesarovica system jest pewnym zbiorem relacji określonych na produkcie kartezjańskim zbiorów wejść i wyjść systemu. Z ujęcia tego wynika, że w zasadzie każdy system może zostać opisany jako system przyczynowo-skutkowy lub jako system celo-

wy, tj. dążący do określonego celu. Należy w tym upatrywać możliwości pogodzenia wielu sprzecznych koncepcji, jak chociażby behawioryzmu Skinnera i strukturalizmu Chomsky'ego. [12]

Zastanawiając się nad wartością systemowego badania rzeczywistości należy się zgodzić z W. Bojarskim że: „Metodyczna postawa systemowa okazała się tak niezwykle pożyteczna i płodna w licznych dziedzinach zastosowań, że najwięksi jej entuzjaści uważają, iż jest ona obecnie jedyną naprawdę naukową metodą poznawania rzeczywistości. Jest to oczywiście przesada, warto się jednak zastanowić, co można dzięki niej zyskać, a czego oczekiwać nie należy". [13] Podobnie jak cybernetyka, metodologia systemowa jest na tyle ogólna, że jej twierdzenia mogą mieć ogólne zastosowanie. Nie oznacza to, że może być przydatna do rozwiązania wszelkich problemów i to dotyczących pewnych sytuacji krańcowych (krytycznych). Jak dotąd takich metod brak, jednak wydaje się, że dzięki metodzie systemowej można uniknąć wielu błędnych założeń i wniosków. Pozwala ona dostrzec więcej re-

---

[12] B.F. Skinner (ur. 1904 r.) jest amerykańskim psychologiem-eksperymentatorem, przedstawicielem ortodoksyjnego behawioryzmu jako teorii psychologicznej i teorii zachowania się. Jest projektodawcą „nowego wspaniałego świata", jaki — jego zdaniem — niechybnie powstałby, gdyby ludzkość porzuciła wreszcie ideologiczne imponderabilia (a więc idee wolności i godności), na które traci czas od zarania dziejów. W Polsce z poglądami Skinnera polemizowali m.in. A. Grzegorczyk i J. Kozielecki.
N. Chomsky (ur. 1928) jest profesorem językoznawstwa w MIT, twórcą tzw. generatywnej gramatyki transformacyjnej. Jest jednym z najbardziej znanych myślicieli amerykańskich ostatnich lat, należących do liberalnego nurtu amerykańskiej myśli społecznej.

[13] W. Bojarski: Podstawy analizy i inżynierii systemów. WNT, Warszawa 1984.

alnych zależności, uwarunkowań, zagrożeń itp. niż w przypadku posługiwania się np. modelami cząstkowymi, szczegółowo wyjaśniającymi pewne zjawiska (często wcale nie najważniejsze), lecz gubiącymi — niejako „po drodze" — istotę działania danego systemu jako całości.

Formułowane dyrektywy metodologiczne mają charakter postulatywny i nieco sens tzw. pobożnych życzeń, ale taki jest w końcu stan badań nad złożonymi obiektami traktowanymi jako systemy i taka jest ich „natūra". Jeżeli nawet zgodzimy się, że „systemowcy" w zasadzie nic nowego nie proponują, że „to wszystko już było" itd., to rodzi się pytanie: a dlaczego tych zasad w tak wielu i tak drastycznych przypadkach nie przestrzegano, manifestując wąskie, partykularne spojrzenie na rzeczywistość, dostrzeganie tylko tego, co było wygodne, niewyciąganie wniosków z przeszłości, lekceważenia diagnoz lub tworzenia prognoz, które były projekcją uproszczonych wizji przyszłości. Jednym z popełnianych grzechów było stronienie od wszechstronnych analiz ilościowych, liczbowo wyrażających związki pomiędzy elementami systemu i pomiędzy nim a bliższym i dalszym otoczeniem, innym zaś niedostrzeganie niepewności („złuda deterministycznego widzenia świata i jego rozwoju") i ryzyka tkwiącego przecież w każdych działaniach złożonych systemów, zwłaszcza społeczno-ekonomicznych.

Przykładów takich działań jest zbyt wiele, aby się z nimi godzić, akceptując ten stan rzeczy. Skutki błędów „niesystemowego myślenia i działania" odczuwane są przez niemal każdego i, co gorsze, długo jeszcze będą odczuwane. Czy nie są to dostateczne dowody na to, że należy dokonać zmiany paradygmatu? Nie wynika stąd, oczywiście, że takim „jedynie słusznym" paradygmatem jest cybernetyczno-syste-

mowe ujęcie rzeczywistości. Ale z pewnością jednym z możliwych i zapewne nie mniej skutecznym niż inne, a zwłaszcza te, które lansują bądź tzw. zdrowy rozsądek, bądź jakieś enigmatyczne formy myślenia magicznego. „Naprawiać świat" jest dziś na pewno trudniej niż w jeszcze niedawnej przeszłości, albowiem z niezwykłą wyrazistością ujawniła się dziś jego systemowa natura, dynamiczna i niepewna. Świat stał się jeszcze bardziej skomplikowany niż dawniej i do niego muszą być dostosowane narzędzia poznawcze, a nie odwrotnie. Każdy postęp naukowy oznacza przecież kolejną rezygnację z uproszczonego, niekiedy prostackiego, obrazu świata.

Jeżeli powyższe argumenty nie przekonały oponentów i krytyków „systemów", to może chociaż warto zastanowić się nad tym, co jeden ze znanych przedstawicieli badań systemowych W.C. Churchman wyraża następująco: „każde spojrzenie na świat jest ograniczone i dlatego lepiej patrzeć szerzej niż węziej". A to chyba stanowi istotę posługiwania się „makroskopem" w świecie systemów. A może stanowi istotę poznania naukowego i przeżywania świata w ogóle?

IV. Informacje, czyli o jeszcze jednej bombie

„Gdzie jest mądrość, którą utraciliśmy w wiedzy, gdzie jest wiedza, którą utraciliśmy w informacjach?"...

(T.S. Elliot)

Nowa bomba eksplodowała nad światem. Jej eksplozję wywołała rewolucja naukowo-techniczna. Skutki tej eksplozji nie dotarły jeszcze do wszystkich zakątków globu ziemskiego. Powoli „fala uderzeniowa" dociera do najbardziej zapomnianych miejsc na Ziemi. Dotarła także poza naszą planetę. Na razie nie słychać o jej niszczących skutkach, oczywiście w skali budzącej niepokój. Ta „bomba" nie ma charakteru energetycznego, jak inne bomby skonstruowane przez ludzi. Mowa jest oczywiście o tzw. bombie I. I — jak informacja.

Przyszłość ludzkości zależy od zasobów żywności i energii oraz tempa ich zużywania. Posiadanie tych zasobów już nie wystarczy. Dlatego, że są to zasoby ograniczone coraz częściej myśli się o nowych źródłach energii. Trzeba wreszcie nauczyć się nimi racjonalnie gospodarować. Trzeba posiąść umiejętność organizowania życia społecznego i sterowania procesami rozwojowymi. Wiedza i umiejętności sterowania tymi procesami oparte być mogą jedynie na określonych informacjach, a więc nie na energii i materii.

Norbert Wiener zapytany o definicję informacji, odpowiedział, że „jest to to, co nie jest ani materią,

ani energią". Brzmi to dość paradoksalnie, zważywszy że pytanie dotyczyło fundamentalnej kategorii cybernetyki. Komunikacja i sterowanie — podstawowe procesy cybernetyczne są przecież określonymi formami ruchu informacji.

Nie jest materią i nie jest energią. Czym jest więc informacja? Zapoznajmy się z kilkoma trafniejszymi określeniami. „Informacja jest nazwą treści zaczerpniętej ze świata zewnętrznego, w miarę jak się do niego dostosowujemy i jak przystosowujemy doń swoje zmysły" (N. Wiener). „W cybernetyce nazywa się informacją wszelkie działanie fizyczne, któremu towarzyszy działanie psychiczne" (L. Couffignal). „Informacją są wszelkie wiadomości o procesach i stanach dowolnej natury, które mogą być odbierane przez organy zmysłowe człowieka lub przez przyrodę" (W. Głuszkow). „Informację nazywamy wielkość abstrakcyjną, która może być przechowywana w pewnych obiektach, przesyłana między pewnymi obiektami, przetwarzana w pewnych obiektach i stosowana do sterowania pewnymi obiektami, przy czym przez obiekty rozumie się organizmy żywe, urządzenia techniczne oraz systemy tych obiektów" (A. Mazurkiewicz). Do celów praktycznych wygodna jest następująca definicja: informacja to zbiór faktów, zdarzeń, cech obiektów itp. zawarty w określonej wiadomości, tak ujęty i podany w takiej formie, że pozwala odbiorcy ustosunkować się do zaistniałej sytuacji i podjąć odpowiednie działania umysłowe lub fizyczne. Informacje można klasyfikować według dziedzin wiedzy (np. społeczna, biologiczna, ekonomiczna, wojskowa itp.), według fizycznego charakteru wydobywania (np. wzrokowa, słuchowa), a także według właściwości metrologicznych (pomiarowych).

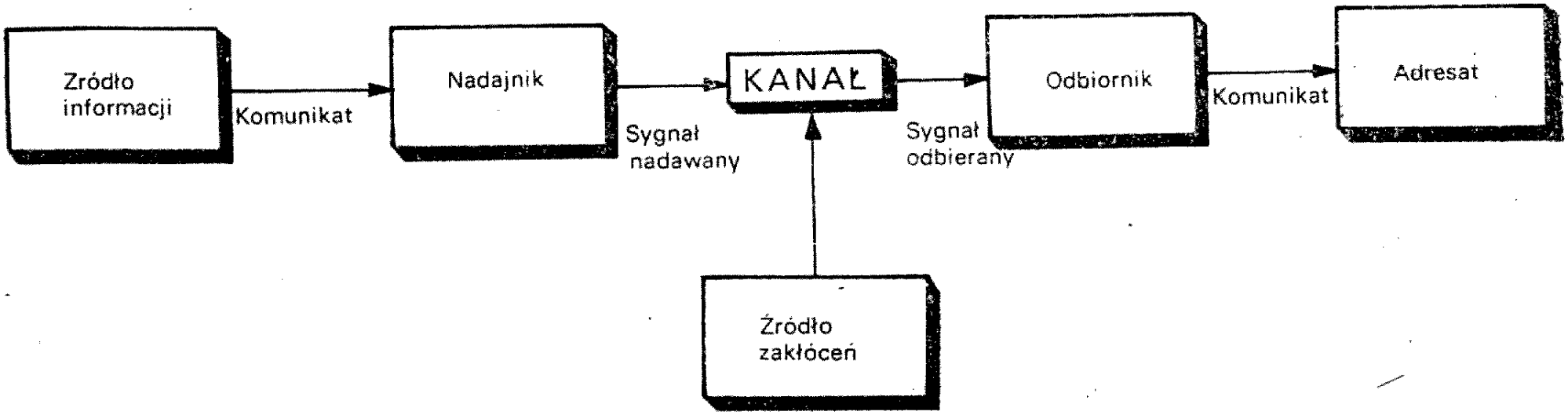
Rozwój cybernetyki, a w szczególności teorii informacji, stworzył podstawy naukowe dla rozwoju

wielu różnych dziedzin, zapewniając dopływ ścisłych „informacji o informacji". Wiele z tych dziedzin związanych jest z praktyką informacyjną, do której należy działalność w zakresie nauki, sztuki, ideologii, polityki itp. Praktyka informacyjna jest przy tym wtórna w porównaniu z podstawowymi formami praktyki materialnej, służy jej (np. wytwarzaniu, upowszechnianiu i stosowaniu wiedzy technicznej), istnieją jednakże formy praktyki informacyjnej (np. tworzenie i upowszechnianie sztuki), które mają charakter autonomiczny i nie służą praktyce materialnej. [14] Należy dostrzec fakt, iż pojęcie informacji wywarło wpływ na wzbogacenie dialektycznego pojmowania procesów rozwoju, odbicia, związku przyczynowo-skutkowego itp. Związki marksistowskiej teorii odbicia z teorią informacji są obecnie oczywiste.

Prawdziwy przełom w badaniach nad informacją stanowiły prace Claude'a E. Shannona, który w latach 1948—1949 ogłosił swoje fundamentalne prace z „matematycznej teorii komunikacji". C.E. Shannon, urodzony w 1916 roku, matematyk i elektryk, pracował w MIT nad algebrą schematów przekaźnikowych (1936—1940), w Bell Telephone Laboratories (1940—1956) nad zagadnieniami teorii automatów i teorii informacji. Od 1956 roku jest profesorem MIT i członkiem National Academy of USA. Jest jednym z pionierów cybernetyki i jednym z najwszechstronniejszych uczonych z nią związanych.

Przedmiotem analizy Shannona był układ przesyłania wiadomości składający się ze: źródła wiadomości, nadajnika sygnałów, kanału przesyłania sygnałów, odbiornika sygnałów i adresata (odbiorcy) wiadomości. Przesyłanie i odbiór wiadomości związał Shannon z informacyjną stroną zjawiska, tj. ze zmianą nie-

[14] W. Krajewski: Prawa nauki. Przegląd zagadnień metodologicznych. Warszawa 1982.



System informacyjny Claude'a Shannona

określoności u adresata co do tego, która ze zbioru wiadomości potencjalnie możliwych do wysłania została naprawdę wysłana. Nieokreśloność ta maleje po odebraniu sygnału, choć ze względu na obecność w kanale przypadkowych zakłóceń może nie zostać całkowicie usunięta. Mówiąc o wiadomości mamy na myśli pewną treść przeznaczoną do utrwalenia lub do przekazania jej adresatowi (odbiorcy), zaś nośnik fizyczny wiadomości, mający charakter energetyczny, nazywać będziemy sygnałem. Z kolei komunikatem (meldunkiem) nazywa się odpowiednio zakodowaną wiadomość, zawierającą pewną ilość informacji.

Z powyższych uwag wynika, że informacja traktowana jest jako wielkość mierzalna, podobnie jak energia i materia. Za jednostkę informacji przyjmuje się zazwyczaj tzw. dwójkową jednostkę informacji, czyli bit. Bit stanowi liczbę informacji otrzymanej w wyniku jednorazowego wyboru spośród dwóch jednakowo prawdopodobnych możliwości. Elementarne zasady określania liczby informacji w zależności od prawdopodobieństwa komunikatu są następujące:

— komunikat, którego prawdopodobieństwo równe jest jedności (np. „w zimie jest zimno", „dwa razy dwa równa się cztery") nie zawiera informacji, podobnie jak komunikat, którego prawdopodobieństwo równe jest zeru (np. „dwa razy dwa jest pięć");

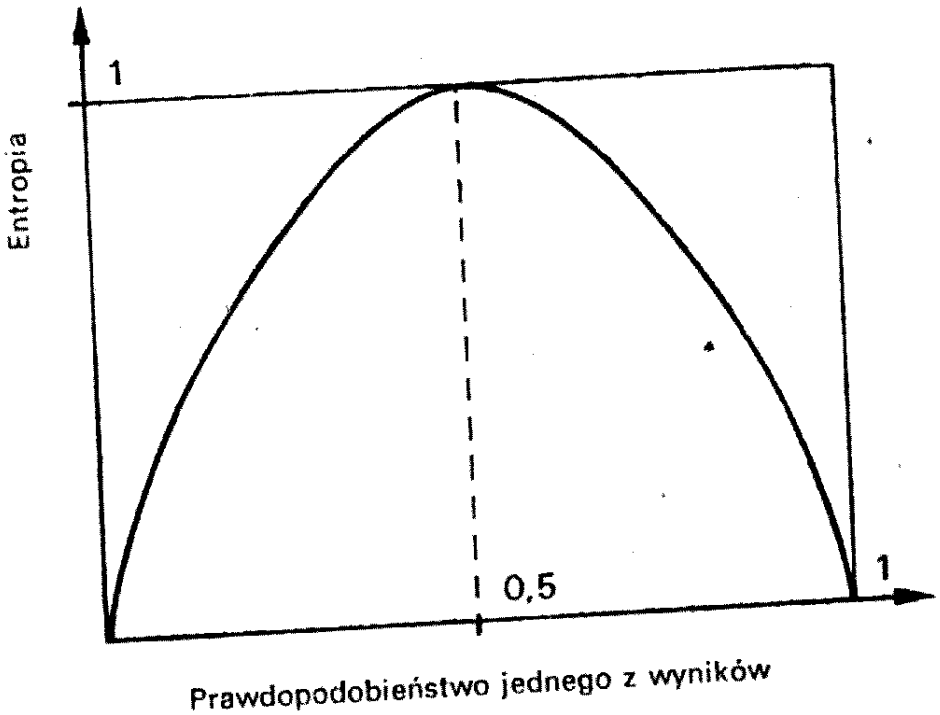
— komunikat, którego prawdopodobieństwo wynosi 50%, zawiera największą liczbę informacji, równą jedności.

Jest oczywiste, że im więcej możliwych stanów może przyjąć interesujący nas obiekt (system, proces), tym większa jest nasza początkowa niewiedza o tym obiekcie. Ta niewiedza jest jakby „ujemną informacją" o obiekcie. Jeżeli uzyskujemy jakąś informację o obiekcie, to „niewiedza" maleje, aż do przypadku gdy wszystko już wiemy, a wtedy nasza niewiedza

spada do zera. Uzyskując informacje o obiekcie — porządkujemy sobie jego „odbicie" w naszej świadomości. Miarą tej niewiedzy jest entropia. Pojęcie znane od dawna w termodynamice. Znalezienie związków między entropią a ilością informacji jest uważane za jedną z najważniejszych idei cybernetyki. Wielki fizyk L. Boltzman pisał: „entropia jest miarą, brakującej informacji o stanie układu fizycznego".

A zatem, u podstaw teorii informacji legło założenie, że komunikat zawiera tym więcej informacji, im mniejsze jest prawdopodobieństwo jego wystąpienia. Oznacza to, że ilość informacji jest tym większa, im większa była niepewność, że określoną wiadomość możemy znaleźć w komunikacie. Otrzymać informację — znaczy dowiedzieć się czegoś więcej o tym, o czym wiedziało się mniej.

Powszechnie znane są formuły, wyrażające wartość entropii lub ilość informacji. Jeśli znane są stany,



Entropia doświadczenia o dwóch możliwych wynikach

w których może znaleźć się dany obiekt oraz prawdopodobieństwa znalezienia się jego w tych stanach, to entropia jest równa ujemnej wartości sumy iloczynów prawdopodobieństw przez logarytmy (najczęściej przy podstawie 2) tych prawdopodobieństw. Informacja, a dokładniej miara jej ilości w komunikacie, jest różnicą pomiędzy niepewnością początkową a niepewnością po otrzymaniu komunikatu, czyli niepewnością warunkową. Miarą tej niepewności jest oczywiście entropia.

Ale najlepiej te kwestie wyjaśnia Stanisław Lem. Mądrze i błyskotliwie (jak zwykle) pisze we wspomnianym już dziele „Summa Technologiae": „Ciała oddziaływują na siebie materialnie, energetycznie oraz informacyjnie. Rezultatem działania jest zmiana stanu. Jeżeli rzucę się na ziemię, ponieważ ktoś zawołał «padnij», zmianę mego położenia wywołało przybycie informacji, jeśli upadnę, bo runęła na mnie encyklopedia, zmianę spowodowało działanie materialne. W pierwszym przypadku nie musiałem, w drugim natomiast — musiałem upaść. Działania materialno-energetyczne są zdeterminowane, informacyjne natomiast wywołują tylko zmiany pewnych rozkładów prawdopodobieństwa".

Marian Mazur, autor oryginalnej „jakościowej teorii informacji", przytaczał często wyśmienitą anegdotę o kapitanie pewnego statku, który szykanował swego zastępcę. Cóż, zdarza się, że szefowie nie przepadają za swymi zastępcami. Pewnego razu zastępca kapitana, będąc w porcie „znalazł się w stanie wskazującym na spożycie alkoholu", jak to się określa, nie tyle w eleganckim, co zbiurokratyzowanym świecie. I wtedy, jak to nierzadko bywa, przyszła refleksja i obawa przed, nie budzącą raczej wątpliwości, reakcją kapitana. Doradzono mu, aby przesłał kapitanowi wiadomość z prośbą o usprawiedliwienie jego po-

wrotu w „takim" stanie. Gdy odpowiedź kapitana była pozytywna, zastępca spokojnie wrócił na statek. Rano ze zdumieniem stwierdził, że w dzienniku znajduje się następujący wpis kapitana: „Podczas mojego dyżuru zastępca kapitana znajdował się na statku w stanie nietrzeźwym". Na pretensje ze strony swego zastępcy, kapitan odpowiedział, że po prostu stwierdził fakt, a zapis nie zawiera żadnych pretensji pod jego adresem. Następnego dnia kapitan znalazł w dzienniku następujący wpis swego zastępcy: „Podczas mego dyżuru kapitan był trzeźwy". Można tylko sobie wyobrazić, jakie wnioski z obu tych komunikatów wysnuli przełożeni kapitana kontrolujący statek. Nie musieli przy tym żywić żadnych uprzedzeń do kapitana. Mazur zauważa, że złośliwość kapitana i zemsta jego zastępcy polegały na odwoływaniu się do parainformacji osób mogących przeczytać zapisy w dzienniku. Zanim wyjaśnimy pojęcie „parainformacji" i innych pojęć stosowanych przez M. Mazura, poświęcimy nieco uwagi niektórym elementom jego „jakości" [illegible] informacji.

Pomie niosą gruntowektami (np. nadawcą a odbiorcą) od kulturowe. [illegible]ływanie informacyjne, za pomocą [illegible] informacyjnego. Komunikat jest stanem fizycznym różniącym się w określony sposób od innego stanu fizycznego w torze informacyjnym. Liczba komunikatów zależy od tego, ile ich jest w dowolnym miejscu toru (tzw. zbiór poprzeczny komunikatów) i ile jest takich miejsc (tzw. zbiór wzdłużny komunikatów), przy czym wyróżnia się:

— oryginał, czyli komunikat należący do poprzecznego zbioru komunikatów na początku toru,

— obraz, czyli komunikat należący do poprzecznego zbioru komunikatów na końcu toru,

— interkomunikat, czyli komunikat należący do poprzecznego zbioru komunikatów w dowolnym miej-

scu pośrednim między początkiem a końcem toru. Mazur wyróżnia przy tym dwa rodzaje transformacji poprzecznej: oryginałów w oryginały i obrazów w obrazy oraz transformację wzdłużną oryginałów w obrazy. W związku z tym: „Informacja, jako transformacja jednego komunikatu w drugi (np. oryginału w inny oryginał bądź obrazu w inny obraz), jest związkiem między dwoma komunikatami i w takim sensie można mówić, że informacja jest zawarta w tych komunikatach (oryginałach, obrazach)". Informowanie jest natomiast transformacją informacji zawartych w oryginałach w informacje zawarte w obrazach. Istnieją jednak określone rodzaje informowania, a mianowicie:

a) transinformowanie, czyli informowanie wierne (np. oryginały są zarazem obrazami, oryginały są analogiczne do obrazów — teren i jego mapa, oryginały są zniekształcane w komunikaty pośrednie, które następnie są odwrotnie zniekształcane w obrazy — zaszyfrowanie tekstu i jego odszyfrowanie),

b) pseudoinformowanie, czyli [illegible] w drugi [illegible] materialne pozorne (np. rozwlekłe, ogólnikowe [illegible] informacyjne na [illegible]

c) dezinformowanie, czyli [illegible] rozkładów [illegible] łszywe (np. zmyślanie, zatajanie, przekręcanie).

Ponadto rozróżnia się parainformowanie, które obejmuje: domniemywanie trafne (np. zrozumienie aluzji) i domniemywanie nietrafne: bezpodstawne (np. dopatrzenie się aluzji, której nie było), niedomyślne (np. niedopatrzenie się aluzji, która była), opaczne (np. dopatrzenie się aluzji innej niż była).

Informacja posiada także wartość i to od zarania cywilizacji. Ludzie informacje kupowali i sprzedawali, niekiedy ginęli, aby je zdobyć. Jeden z najwcześniejszych przykładów mówi o 30 srebrnikach jako o wartości pewnej informacji. Wartość informacji znana jest wywiadom wojskowym i wywiadom gospodar-

czym. Znana, choć nieuświadamiana, jest każdemu, kto żyje dzięki zdobywaniu i udostępnianiu różnorodnych informacji. Wartość informacji może być wyrażana nie tylko w jednostkach pieniężnych.

Żyjemy w świecie informacji. Każdego dnia zalewani jesteśmy strumieniami różnorodnych informacji. Coraz częściej zawodzą nas naturalne niejako zdolności selekcyjne naszych receptorów i zdolności przetwarzania informacji niezbędnych do podejmowania decyzji. „Bomba I", wspomniana na wstępie, niesie także zagrożenia, np. w postaci zjawiska „informacyjnego zanieczyszczenia środowiska" i powstawania sytuacji stresowych.

Cała nadzieja w racjonalnie zaprojektowanych i efektywnie funkcjonujących systemach informacyjnych. Istotą ich struktury technicznej są dziś systemy komputerowe i telekomunikacyjne. Systemy te ulegają swoistej „globalizacji", obejmują swym zasięgiem regiony, kraje oraz, dzięki łączności satelitarnej, cały glob ziemski. Coraz większy procent czynnych zawodowo ludzi „żyje z informacji". Systemy informacyjne niosą gruntowne zmiany społeczne, także zmiany kulturowe.

Jednym z celów społecznych Japonii na rok 2000 jest utworzenie społeczeństwa informacyjnego. Cel ten zakłada realizację następujących programów:

1. Utworzenie „krajowej sieci informacyjnej" opartej na ogólnokrajowej sieci transmisji danych, która powinna przysporzyć obywatelom wysokiej jakości usług informacyjnych, dostęp do pożądanych informacji. Realizacja tego programu wiąże się z dużymi nakładami inwestycyjnymi i nadmierną podażą informacji.

2. Racjonalizacja administracji, co powinno przynieść wzrost racjonalności podejmowanych decyzji, np. w sprawach rozdziałów środków budżetowych,

a także uproszczenie lub likwidację niektórych urzędów państwowych. Niebezpieczeństwo tkwi jednak w tym, że stworzone mogą zostać warunki dla koncentracji informacji w rękach rządu i warunki dla powstania społeczeństwa kontrolowanego, także pogwałcenia tajemnicy osobistej obywateli.

3. Wzrost efektywności systemów informacyjnych dla celów zarządzania, co może przynieść niekorzystne zmiany struktury zatrudnienia oraz rozszerzenie działalności wielonarodowych koncernów.

4. Informatyczne ukierunkowanie kształcenia — wzrost efektywności nauczania i możliwości jego indywidualizacji (ukierunkowanie na rozwój uzdolnień jednostek). Ulec może jednak zagrożeniu pozycja i prestiż społeczny nauczycieli, a zaniedbaniu — kultura uczuć i etyka.

5. Modernizacja służby zdrowia, co powinno przynieść, mimo dużych obciążeń finansowych państwa, spadek zachorowalności i wzrost długowieczności.

6. Stworzenie systemu ochrony środowiska przed zanieczyszczeniami, co może przynieść nie tylko wzrost kosztów inwestycji, lecz także ograniczenie wzrostu gospodarczego.

7. Modernizacja kanałów dystrybucji artykułów, co może spowodować konflikty na tle likwidacji małych i średnich przedsiębiorstw.

8. Utworzenie skomputeryzowanego systemu komunikacyjnego, którego efektów należy upatrywać w zmniejszeniu miejskiego ruchu ulicznego, zanieczyszczenia atmosfery i liczby wypadków ulicznych. Wpłynie to natomiast ujemnie na rozwój przemysłu samochodowego.

9. Rozpowszechnienie domowych urządzeń końcowych połączonych z siecią komputerową (terminali) i komputerów domowych przyniesie z pewnością wzrost tendencji do pracy w domu i stworzenie po-

myślnych warunków dla twórczości umysłowej. Twórcy programu uważają jednak, że może to przynieść np. lenistwo gospodyń domowych w rezultacie nadmiaru wolnego czasu. Nie można lekceważyć i takich skutków „społeczeństwa informacyjnego".

10. Współpraca międzynarodowa w dziedzinie wymiany informacji, która może spowodować uprzemysłowienie i poprawę opieki społecznej w krajach rozwijających się oraz sprzyjanie poczuciu wspólnoty ogólnoświatowej. Może to jednak przynieść wzrost zaludnienia w krajach rozwijających się, a także zacieranie się „specyfiki narodowej".

Przeciwnicy planu „społeczeństwa informacyjnego", a takich jest wielu, dostrzegają, oprócz wymienionych negatywnych skutków „informatyzacji" (wymienić ich można znacznie więcej), wiele cech kolejnej utopii, jednej z wielu stworzonych przez ludzkość. Plan jest niewątpliwie atrakcyjny, bo i atrakcyjne dla społeczeństwa mogą być jego liczne pozytywne skutki. Nie można zapominać o tym, o czym wspominamy z okazji omawiania skutków robotyzacji, że „społeczeństwo informacyjne" nie może usunąć źródeł napięć i konfliktów społecznych w państwach wysoko rozwiniętych. Nie ulega natomiast wątpliwości, że rozwój systemów informatycznych, automatyzacji procesów informacyjno-decyzyjnych i robotyzacji procesów produkcyjnych i usługowych służyć może pełniejszemu zaspokojeniu potrzeb ludzkich, wśród których potrzeby informacyjne uznać należy za jedne z podstawowych we współczesnym świecie.

Być może dzięki pełniejszemu zaspokojeniu potrzeb informacyjnych współczesnego społeczeństwa utraci swą aktualność sens strof wiersza Elliota. I zawsze warto pamiętać o tym, o czym mówił Albert Einstein: „Nie musimy wiedzieć wiele. Trzeba wiedzieć tylko tyle, co jest niezbędne".

I na zakończenie coś kosmicznego i coś katastroficznego. Zacznijmy od tego pierwszego. Wielu ludzi wierzy w istnienie cywilizacji pozaziemskich, więc nie należy się dziwić, że usiłuje z nimi nawiązać kontakt. Nie interesują nas „bliskie spotkania" np. trzeciego stopnia, chociaż i tu mamy interesujące problemy informacyjne, bowiem w końcu z przedstawicielami obcych cywilizacji trzeba się jakoś porozumieć. Zostawmy ten problem Stevenowi Spielbergowi i jego młodocianym bohaterom, którzy nie mieli większych kłopotów z dogadaniem się z wielce sympatycznym zresztą E.T. oraz tym, którzy dostąpili zaszczytu „bliskiego spotkania". A niemało ich można spotkać także w naszym kraju. Ich UFO, ich problem.

Także w tych kwestiach trudno nie zgodzić się ze Stanisławem Lemem, że: „Unikalność cywilizacji ziemskiej w całej naszej galaktyce wydaje się dotąd czymś wysoce nieprawdopodobnym, jakkolwiek nie aż całkowicie niemożliwym. (...) Być może, pracują nadajniki łączności międzygwiezdnej i międzygalaktycznej, innokanałowe niż te, jakie uwzględnialiśmy dotąd. Ani skrajny pesymizm, ani skrajny optymizm nie jest tu jeszcze wskazany: oba stanowiska są po prostu przedwczesne".

Zapewne do optymistów należy zaliczyć autorów tzw. Listu do kosmicznych braci umieszczonego na pokładzie kosmicznej sondy „Pionier 10". Była to, przypomnijmy, pozłacana płytka aluminiowa wielkości 15×23 cm, na której umieszczono rysunki i oznaczenia, składające się na wiadomość o naszym istnieniu. Zawartość tej wiadomości jest powszechnie znana, a więc nie będziemy przytaczać poszczególnych symboli. Twórcy tego „kosmicznego listu" C. Sagan i F. Drake są przekonani, że informacje te powinny zostać prawidłowo odebrane przez każdą odpowiednio rozwiniętą cywilizację, tj. taką, która musi znać np.

budowę atomu wodoru oraz zasadę binarnego systemu liczenia. „List kosmiczny" jest bardzo interesującym przypadkiem pewnego problemu z obszaru teorii informacji. Jest to problem: w jaki sposób zawrzeć najwięcej informacji w minimalnej liczbie symboli. I, szczerze mówiąc, bardziej nas to właśnie interesowało niż — czy, a jeśli tak, to kiedy, otrzymamy odpowiedź od „kosmicznych braci".

I na zakończenie odrobina „katastrofizmu", wszak „bomba" znajduje się w tytule szkicu poświęconego informacji. Ale o tym niech opowie biograf profesora Dańdy, odkrywcy prawa krytycznej masy informacji, bohatera jednego z opowiadań, oczywiście, S. Lema. „...informacja ma masę. Każda. Byle jaka. Treść nie ma najmniejszego znaczenia. Atomy też są takie same, czy tkwią w kamieniu czy w głowie... Ciążenie informacji nie byłoby niczym rewelacyjnym, gdyby nie konsekwencje... Istnieje, uważasz, krytyczna masa informacji, tak samo jak krytyczna masa uranu. Zbliżamy się do niej. Nie my, tutaj, ale cała Ziemia. Zbliża się do niej każda cywilizacja budująca komputery. Rozwój cybernetyki to pułapka zastawiona przez przyrodę na Rozum... Liczy się gęstość, a nie ilość informacji. To — jak z uranem. Warunkiem eksplozji jest wyosobnienie i koncentracja... Informacja w głowach czy książkach może być znaczna, ale pozostaje bierna. Jak rozproszone cząstki uranu. Należy ją skupić... Powyżej punktu krytycznego rusza reakcja łańcuchowa. Obiit animus, natus est atomus".

V. Dwoistość i Golemy, czyli o cybernetyce Henryka Greniewskiego

„Jedyna czynność wymagająca pewnej inteligencji w naszej pracy polega na wypełnianiu luk dzielących dwie nauki lub dwie sztuki".

(J. le Rond d'Alemebert)

„Cybernetyka ogólna bada transformowanie zasileń zwane zwykle sterowaniem i transformowanie informacji. Otóż oba te procesy występują w najrozmaitszych dziedzinach życia praktycznego i badań naukowych. W szczególności niemożliwa jest przecież żadna praktyka bez sterowania, czyli kierowania, i bez transformowania informacji. Więc stworzenie i uprawianie cybernetyki jest zdobywaniem ogólnego poglądu na zjawiska ze wszystkich dziedzin naszego życia, nieustannie występujące". Wypowiedź ta, pochodząca z wywiadu udzielonego przez Henryka Greniewskiego, bardzo trafnie określa i przedmiot cybernetyki i stosunek do niej Profesora.

Gdy w 1972 roku w dalekim Pekinie umierał Henryk Greniewski, jeden z prekursorów polskiej cybernetyki, kończył się pewien okres i pewna szkoła myślenia cybernetycznego w Polsce. Szkoła oparta na gruntownych filozoficzno-logicznych podstawach, erudycji i rozległości zainteresowań. Z relacji wielu uczniów Henryka Greniewskiego wyłania się sylwetka

Mistrza. Ma on wiele wspólnego z tym, co o roli tej przed wiekami pisał Stefan Bernard Drzewieski: „Mistrz z doby Odrodzenia widział w swoim uczniu kontynuatora swoich trudów, w nim przeżywał siebie. Radował się widokiem postępów ucznia, bo one dawały niejako rękojmię, że w żywocie i pracach ucznia przetrwa mistrz sam i jego dzieła".

Urodzony w 1903 r. w Warszawie, Henryk Greniewski odbył studia matematyczno-filozoficzne w Warszawie i Krakowie. W 1926 roku na podstawie rozprawy nt. „Przyczynek do podstaw logicznych mechaniki", napisanej pod kierunkiem Leona Chwistka, uzyskał stopień doktora. Następnie pracował jako ekspert matematyki ubezpieczeniowej i finansowej, a potem pełnił funkcję prezesa Towarzystwa Ubezpieczeniowego „Warta". W czasie wojny, związany z konspiracją PPS, prowadził prace statystyczne dotyczące szacowania szkód wojennych w kraju, w okresie Powstania Warszawskiego pracował w nasłuchu radiowym. Po wojnie piastował H. Greniewski wiele odpowiedzialnych stanowisk, między innymi w Ministerstwie Skarbu, a od 1947 r. kierował Departamentem Koordynacji Planu w Centralnym Urzędzie Planowania. Rok później obejmuje kierownictwo Grupy Aparatów Matematycznych w nowo utworzonym Państwowym Instytucie Matematycznym (późniejszym Instytucie Matematycznym PAN). W 1955 r. opublikował rozprawę habilitacyjną pt. „Elementy logiki indukcji", bardzo wysoko ocenioną przez recenzenta prof. Tadeusza Kotarbińskiego. Dwa lata później Henryk Greniewski objął Katedrę Ekonometrii na Wydziale Ekonomii Politycznej Uniwersytetu Warszawskiego. W tym okresie Profesor stworzył środowisko, styl myślenia i rozumienia zjawisk, a więc dokonał tego, co udaje się tylko nielicznym wybitnym

uczonym. W 1962 r. H. Greniewski zainicjował powołanie Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego. Do licznego grona uczniów należeli między innymi: Maria Kempisty i Józef Konieczny, a także K. Kłosiński i W. Świtalski. Do prac Greniewskiego nawiązywali Janos Kornai — wybitny węgierski ekonomista i Oskar Lange — wybitny polski ekonomista.

Zainteresowania naukowe Henryka Greniewskiego były niezwykle rozległe, poza filozofią i logiką, obejmowały historię rachunku logicznego, problemy planowania, ekonometrię, teorię maszyn liczących, a przede wszystkim cybernetykę ogólną. Ta ostatnia, szczególnie nas interesująca, byłaby znacznie uboższa, gdyby nie bogaty dorobek Profesora. Poprzez fascynacje naukowe przebijała głęboka wiedza, wysoka kultura, erudycja i rozległość zainteresowań. Takiego Profesora zapamiętali nie tylko jego uczniowie, lecz wszyscy, którzy choć raz zetknęli się z nim podczas seminariów w Polskim Towarzystwie Cybernetycznym w latach sześćdziesiątych.

Co najmniej dwie prace Henryka Greniewskiego na stałe zapisały się w dorobku polskiej cybernetyki. Są to: „Elementy cybernetyki sposobem niematematycznym wyłożone" (PWN, 1959) i „Cybernetyka niematematyczna" (PWN, 1969). Zostały w nich sformułowane fundamenty cybernetyki ogólnej, a w szczególności pojęcie „układu względnie odosobnionego", które znalazło wiele interpretacji w modelach prakseologicznych, logicznych, biologicznych i ekonomicznych, semiotycznych, a także wojskowych.

Centralną pozycję w koncepcji cybernetyki H. Greniewskiego zajmują zasady d w o i s t o ś c i, które pozwoliły stworzyć podstawy cybernetyki ogólnej. Własność dwoistości przysługuje nie tylko systemom zaksjomatyzowanym. W 1959 roku ukazuje się sformułowanie pierwszej, cztery lata później — drugiej,

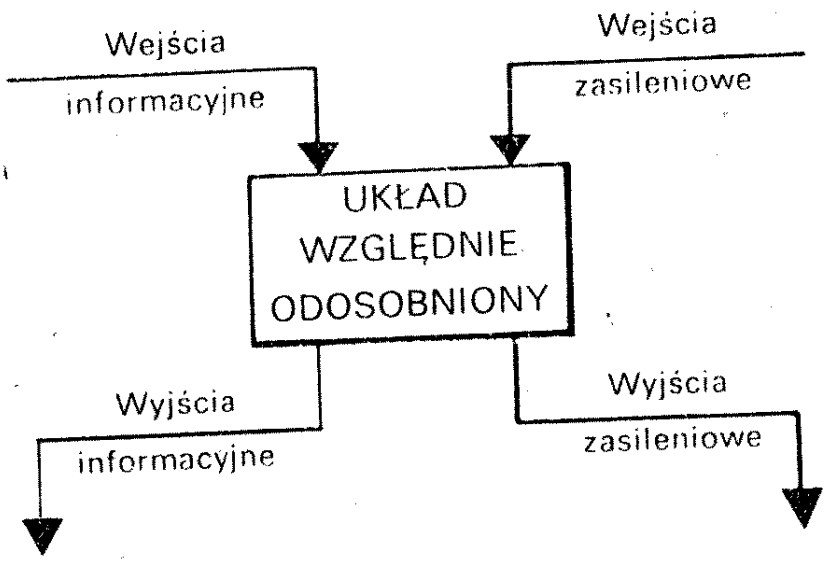
a w dziesięć lat później — trzeciej zasady dwoistości. Punktem wyjścia dla ich sformułowania stało się oczywiście pojęcie układu względnie odosobnionego, czyli takiego układu, który ma obie poniższe własności:

1) reszta Wszechświata działa na układ za pośrednictwem pewnych dróg oddziaływania, zwanych „wejściami" układu,

2) układ wywiera wpływ na resztę Wszechświata za pośrednictwem dróg oddziaływania, zwanych „wyjściami" układu.

Przeciwieństwem układu względnie odosobnionego jest układ bezwzględnie odosobniony, a więc taki, który nie pozostaje pod wpływem Wszechświata ani też nań nie oddziałuje. Autor zwraca przy tym uwagę na to, że pojęcie układu względnie odosobnionego znane jest co najmniej od czasów powstania „Korpusu Hipokratejskiego" (III w. p.n.e.).

Każdemu wejściu i każdemu wyjściu danego układu względnie odosobnionego przyporządkowuje się:



Układ względnie odosobniony
według Henryka Greniewskiego

kalendarz, tj. zbiór chwil (przedziałów czasu) i repertuar, tj. zbiór stanów wyróżnionych. Każde wejście i każde wyjście przyjmuje w danym układzie dokładnie jeden stan wyróżniony w dowolnej chwili (przedziale czasu). Stan wyróżniony wejścia to po prostu bodziec, natomiast stan wyróżniony wyjścia to reakcja.

Jeżeli w układzie względnie odosobnionym każda reakcja jest wyznaczona przez równoczesne i wcześniejsze bodźce, to układ ten nazywany jest prospektywnym. Jeżeli natomiast każdy bodziec jest wyznaczony przez równoczesne lub późniejsze reakcje, to układ taki nazywany jest układem retrospektywnym.

Pierwsza zasada dwoistości stwierdza, że odwracając kierunek biegu czasu, można z dowolnego układu prospektywnego otrzymać odpowiadający mu układ retrospektywny, a z układu retrospektywnego prospektywny. Wynika z niej, że każdemu twierdzeniu o układach prospektywnych odpowiada dokładnie jedno twierdzenie o układach retrospektywnych, i odwrotnie.

Terminy pierwotne	Terminy dwoiste
układ prospektywny	układ retrospektywny
wejście	wyjście
bodziec	reakcja
czas reakcji	czas bodźca
determinator	paradeterminator
wcześniej	później

Dodajmy, że determinator dowolnego wyjścia danego układu prospektywnego jest funkcją, która przyporządkowuje bodźcom reakcję, natomiast paradeterminator dowolnego wejścia danego układu retrospek-

tywnego jest funkcją, przyporządkowującą reakcjom bodziec.

Druga zasada dwoistości głosi wzajemną adekwatność twierdzeń dotyczących informacji i zasileń.

Między zasileniami a informacjami zachodzą dwie relacje: relacja realizacji (zachodzi wyłącznie między zasileniami a informacjami) i relacja odbicia (zachodzi wyłącznie między informacjami a zasileniami). W obrębie stanów zasileniowych zachodzi relacja zastępowania, czyli pewne zasilenia mogą być zastępowane innymi. W obrębie stanów informacyjnych zachodzi relacja równoznaczności, co oznacza, że dla wszelkich rozpatrywanych celów można zamiast pewnej danej informacji użyć innej. Zasilenia są tworzone z elementów zasileniowych przez zastosowanie operacji montowania, natomiast informacje są tworzone z elementów informacyjnych przez zastosowanie operacji konstruowania. Powyższe ustalenia mają znaczenie podczas budowy modeli systemów, w których występują procesy informacyjne i zasileniowe.

Terminy wyrażenia pierwotnego	Terminy wyrażenia dwoistego
zasilenie	informacja
element zasileniowy	element informacyjny
montowanie	konstruowanie
odbicie	realizacja
zastępowanie	równoznaczność

Trzecia zasada dwoistości dotyczy wzajemnej odpowiedniości informacji i metainformacji. W koncepcji tej informacje są po prostu informacjami o zasileniu (zasileniach), zaś metainformacje są informacjami o informacjach odbijających zasilenia. Wnioski

płynące z trzeciej i ostatniej zasady dwoistości pozwalają na uogólnione badanie hierarchii procesów sterowania.

Terminy wyrażenia pierwotnego	Terminy wyrażenia dwoistego
informacja	metainformacja
element informacyjny	element metainformacyjny
konstruowanie	metakonstruowanie
realizacja	metarealizacja
równoznaczność	metarównoznaczność

Zaksjomatyzowany wykład teorii dwoistości umożliwia posługiwanie się pojęciem względnie odosobnionych układów w budowie modeli w celu badania rzeczywistych systemów zasileniowych, informacyjnych i zasileniowo-informacyjnych.

Obecnie, teoria dwoistości Henryka Greniewskiego zaliczana jest obok prawa niezbędnej różnorodności Ashby'ego, zasady nieokreśloności Beera do podstawowych twierdzeń cybernetyki ogólnej.

Aparatura pojęciowa cybernetyki stworzona przez H. Greniewskiego okazała się wielce przydatna w konstruowaniu modeli biologicznych i ekonomicznych. Jednym z nich był model układu transakcyjnego. Należy również wspomnieć o zainteresowaniach H. Greniewskiego teorią planowania, a w szczególności formalną strukturą planu.

Wśród wielu koncepcji Henryka Greniewskiego zwracają uwagę te, które dotyczą np. sprzężenia człowiek — instrument. Chodzi przede wszystkim o instrumenty informacyjne, tzn. służące do odbioru, przechowywania, przekształcania i nadawania informacji (np. okulary, mikroskop, teleskop, termometr, baro-

metr itp.). Są one z reguły szeregowo sprzężone z człowiekiem. Ponadto wyróżnia się instrumenty — protezy, których przykładem może być urządzenie dostarczające informacji optycznych z pominięciem receptorów optycznych — oczu, a przekształcające bodźce świetlne, np. na czucia dotykowe. Wreszcie „robot", w przyjętym przez Greniewskiego rozumieniu tego słowa, to tyle samo, co „model człowieka (lub człowieka sprzężonego z instrumentami)" wykonującego pewną czynność produkcyjną lub usługową. O robotach będzie jeszcze mowa, jak i o zjawisku „robotyzacji". Teraz najbardziej interesuje nas inny „twór" cybernetyczny, odgrywający nader ważną rolę w cybernetyce Henryka Greniewskiego.

Na scenie naszych cybernetycznych prezentacji pojawia się wreszcie „postać", która znalazła się w tytule niniejszej książki. Jest nią oczywiście Golem. Idea skonstruowania Golema interesowała H. Greniewskiego jako pewne zagadnienie teoretyczne, niejako klasyczne dla cybernetyki ogólnej. O Golemie myślano także w innych kategoriach. Pojawiał się on w filmach niemieckich ekspresjonistów, pojawił się także w interesującym filmie Piotra Szulkina jako tytułowy bohater. H. Greniewski wyjaśnia jego genezę: „Wyraz «golem» należy do języka hebrajskiego i jest w zasadzie odpowiednikiem łacińskiego «embrio» i polskiego «płód» (ewentualnie «niedoskonały płód»)".

Do legendy o Golemie nawiązuje Piotr Szulkin w opowiadaniu, które stało się podstawą scenariusza filmowego: „W 41 roku, po ostatnim 268 — niedoświadczalnym wybuchu nuklearnym, wśród społeczeństwa tworzącego zręby nowej cywilizacji zaczęły się szerzyć pogłoski o pojawieniu się samorodnych, bądź tworzonych celowo fantomów na obraz i podobieństwo człowieka. Ówcześni socjolodzy przyczyny powstania tak silnej wiary w te nigdzie nie udokumento-

wane pogłoski upatrywali w stanie psychicznym małego ilościowo społeczeństwa, którego przetrwanie biologiczne było poważnie zagrożone z powodu trudności bytowych oraz skutków choroby popromiennej, powodującej bezpłodność oraz zakłócenia genetyczne. Odrodzenie się starych mitów, mówiących o powoływaniu sztucznego życia, było w tej sytuacji procesem mającym swoje psychospołeczne uzasadnienie. Jednym ze źródeł tego fenomenu kulturowego owych czasów była prawdopodobnie archaiczna, z XVI wieku ery przedatomowej, legenda o człowieku wypieczonym z gliny, który ożył przez włożenie w usta kartki z magiczną formułą, następnie zaś wskutek niedopatrzenia uwolnił się spod władzy swego twórcy". [15]

W inny sposób sięgnął do tej samej legendy uczony — cybernetyk. Golem według Henryka Greniewskiego to to samo, co model imitujący człowieka w choć jednej z wymienionych dziedzin:

1) wyobraźnia i marzenia senne,
2) posługiwanie się językiem lub językami,
3) rozumowanie merytoryczne (w szczególności dedukcja),
4) introspekcja.

O ile pytania o możliwości „stworzenia" robotów mają już od dawna jednoznaczną, pozytywną odpowiedź, o tyle w przypadku tak rozumianego Golema brak jednoznacznych stanowisk? Na pytania: czy możliwe jest budowanie modeli imitujących zachowanie się człowieka w wymienionych, a obcych dla robotów dziedzinach, oraz, czy możliwa jest budowa Golema — Henryk Greniewski daje pozytywną odpowiedź, a co istotniejsze, wszechstronnie ją umotywowuje. Aparat cybernetyki pozwala zatem nie tylko poprawy-

---

[15] P. Szulkin: O bi o ba i inne prawdziwe nowele filmowe. Warszawa 1984.

nie sformułować niekiedy wielce ryzykowne pytania, ale wykazuje, że należy je postawić. Wtedy poprawna pozytywna na nie odpowiedź jest konstrukcją logiczną. Niby proste, lecz w zasadzie możliwe w ramach pewnego zaksjomatyzowanego systemu pojęciowego. I dlatego H. Greniewskiemu udało się znaleźć Golema, w stosunku do którego człowiek jest oryginałem.

Człowieka, którego modelem jest Golem, charakteryzują cztery podstawowe cechy, wyróżniające go w sposób zasadniczy ze świata zwierzęcego. Po pierwsze — życie psychiczne polega na odbieraniu, utrwalaniu, przetwarzaniu i nadawaniu informacji, a człowieka od zwierzęcia odróżnia zdolność do tworzenia i transformowania metainformacji, czyli informacji o informacji. Po drugie — człowiek, choćby bardzo prymitywny, ma do czynienia ze znacznie większą liczbą kodów, czyli systemów sygnałów, niż zwierzęta wyższe (niektóre z tych kodów nazywane są językami). Po trzecie — człowiek dysponuje znacznie bogatszym od zwierzęcego kodem doznaniowym, czyli kodem spostrzeżeń, wspomnień i wyobrażeń (z marzeniami sennymi włącznie). I wreszcie różnica ostatnia, która według H. Greniewskiego polega na tym, że wyłącznie człowieka cechuje zdolność do formalizacji, merytorycznej interpretacji, do rozumowania ogólnego i formalnego.

Golemy Henryka Greniewskiego ulegały swoistej ewolucji. Na najniższym szczeblu rozwojowym znajduje się „Golem bezjęzyczny", który jest modelem zwierzęcia — nieczłowieka. Nie jest on wyposażony w żaden kod międzyludzki czy raczej międzygolemowy. Model ten zbudowany jest z dziewięciu, sprzężonych między sobą, układów prospektywnych, charakteryzujących się niewielką ilością wejść i wyjść.

Bardziej ludzki jest następny z Golemów — „Go-

lem jednojęzyczny", gdyż wyposażony został przez swego stwórcę w jeden kod międzygolemowy. Zwiększyła się lista kodów do siedmiu (oprócz infrakodu), zaś liczba układów tworzących tego Golema została zwiększoną do szesnastu. Pojawiły się takie nowe składniki jak: dystrybutor doznań, transformator, pamięć i wyobraźnia zdań, a ponadto dwa translatory i przybył jeszcze jeden selektor decyzji.

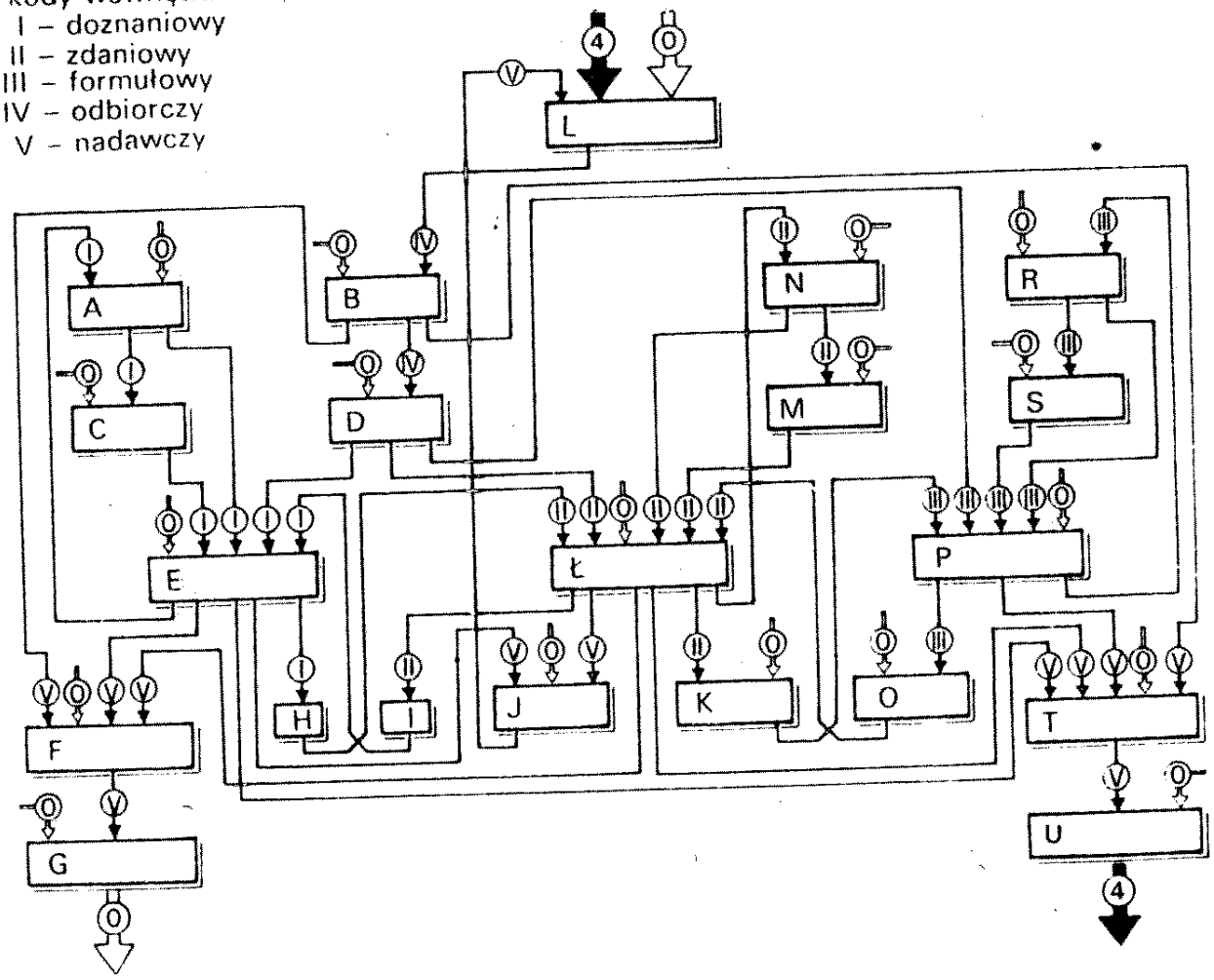
Trzeci Golem posługuje się już dwoma językami (kodami międzygolemowymi) i zbudowany jest z dwudziestu trzech układów prospektywnych, zaś w obrębie jego funkcjonuje znacznie większa ilość kodów. „Golem dwujęzyczny" jest już modelem skomplikowanym, w którym wyróżniono dziewiętnaście istotnych sprzężeń zwrotnych.

Kolejne stadium ewolucji Golemów stanowi „Golem rozumiejący" zbudowany podobnie jak jego dwujęzyczny „przodek". Główna różnica polega na mniejszej obecnie liczbie translatorów oraz wprowadzeniu dwu nowych układów „rozumujących": jeden z nich realizuje naiwną indukcję, zaś drugi — najprostszą dedukcję. Są to generalizator i substytutor. Ogólny schemat „Golema rozumiejącego" przedstawiony został na rysunku.

Żaden z dotychczas przedstawionych Golemów nie był zdolny do imitowania introspekcji. Ta własność przysługuje ostatniemu z rodziny Golemów Greniewskiego — „Golemowi metajęzycznemu". Aczkolwiek zbudowany jest z mniejszej liczby składników niż „Golem dwujęzyczny", bowiem tylko z 21, to jedynie w jego obrębie występują metainformacje. Ten Golem jest zdolny nie tylko do marzeń sennych, ale jest zdolny do obserwowania i badania własnych marzeń sennych.

W trakcie prezentacji „gatunku" Golemów rodzić się mogły przeróżne pytania, a byłoby ich zapewne

0 – intrakod
kody zewnętrzne
1 – doznaniowy
2 – zdaniowy
3 – formułowy
4 – suma 1, 2 i 3
kody wewnętrzne
I – doznaniowy
II – zdaniowy
III – formułowy
IV – odbiorczy
V – nadawczy



A PAMIĘĆ DOZNAŃ
B DYSTRYBUTOR INFORMACJI
C WYOBRAŹNIA DOZNAŃ
D DYSTRYBUTOR DOZNAŃ
E TRANSFORMATOR DOZNAŃ
F SELEKTOR DECYZJI
G EFEKTOR ZASILENIOWY
H TRANSLATOR WEWNĘTRZNY
I TRANSLATOR WEWNĘTRZNY
J SELEKTOR DECYZJI
K GENERALIZATOR

L RECEPTOR INFORMACYJNY
Ł TRANSFORMATOR ZDAŃ
M WYOBRAŹNIA ZDAŃ
N PAMIĘĆ ZDAŃ
O SUBSTYTUTOR
P TRANSFORMATOR FORMUŁ
R PAMIĘĆ FORMUŁ
S WYOBRAŹNIA FORMUŁ
T SELEKTOR DECYZJI
U EFEKTOR INFORMACYJNY

Model Golema rozumiejącego według Henryka Greniewskiego

znacznie więcej, gdyby można było szczegółowo omówić poszczególnych jej przedstawicieli — ich „anatomię" i „fizjologię". „Stwórcę" Golemów bardziej interesowała jednak sama logika ich konstruowania, przy pominięciu „fizjologii Golemów". Nie była mu obca wątpliwość, która musiała się zrodzić także u czytelnika. Jeżeli nawet Golema można zbudować, to czy naprawdę warto? I nie chodzi tu bynajmniej o dylematy filozoficzne, etyczne czy ewentualne zagrożenia, lecz o korzyści praktyczne. Ale do pytań tego typu powrócimy mówiąc o tzw. sztucznej inteligencji. Jeżeli dzięki Golemom dowiemy się czegoś więcej o nas samych, to jest to wystarczający powód, aby Golemy interesowały cybernetyków i artystów. Tych drugich także dlatego, że są na tyle efektowną kreacją, tajemniczą i groźną, aby kolejne np. filmowe wcielenia Golemów i innych podobnych do nich „kreatur" wzbudzały emocje wśród widzów na całym świecie.

Zdając sobie sprawę z wielu różnych wątpliwości, jakie wzbudzać mogą Golemy, Henryk Greniewski przyznawał: „Nie potrafię w szczególności odpowiedzieć na pytanie, czy przyszły Golem ośmieli się sięgnąć po owoc z drzewa wiadomości dobrego i złego i czy na wzór starego Jehowy potrafimy go unieszkodliwić, czy też «wyżenąć z sadu Eden»".

I pomyśleć, że do takich biblijnych dylematów doszliśmy od rozważań poświęconych układom względnie odosobnionym i teorii dwoistości, czyli od elementów cybernetyki Henryka Greniewskiego — jednego z „poszukiwaczy Golema".

VI. Całość i rozwój, czyli o cybernetycznych pasjach Oskara Langego

„Zamiłowanie do koherencji jest tak żywe w człowieku, że wcześniej czy później przyjmuje on język, który mu ją zapewnia. I staje się chrześcijaninem, kartezjaninem, newtonistą, marksistą, w miarę jak rodzą się nowe syntezy".

(Antoine de Saint-Exupéry)

„Po pierwsze. Najsilniejsze wrażenie robi jego wszechstronność. Ekonomia, wyższa matematyka, cybernetyka, historia, socjologia, filozofia — wszystko to składa się na całość i zmierza u niego do najwyższej syntezy. Po drugie, jego charakterystyczną cechą jest wiązanie nauki z życiem, zainteresowania polityczne i społeczne. Jest aktywny na każdym polu. (...) A po czwarte: uważam, że sięga on szczytu światowej myśli teoretycznej w zakresie nauk społecznych, i nie tylko..." W ten sposób charakteryzował jeden z przyjaciół bohatera reportażu pt. „Fechmistrz" — — Oskara Langego. [16]

Urodzony w 1904 roku, już w wieku czternastu lat wygłasza w małym kółku referat w setną rocznicę urodzin Karola Marksa. Wcześnie wiąże się z ruchem socjalistycznym, najpierw z organizacjami młodzieżowymi, a następnie, w 1920 roku podczas wielkiego strajku w Łodzi, z autentycznym ruchem robotniczym. Studiuje ekonomię w Poznaniu, potem w Krakowie.

---

16) K. Dziewanowski „Reportaż o szkiełku i oku". Warszawa 1977.

znacznie więcej, gdyby można było szczegółowo omówić poszczególnych jej przedstawicieli — ich „anatomię" i „fizjologię". „Stwórcę" Golemów bardziej interesowała jednak sama logika ich konstruowania, przy pominięciu „fizjologii Golemów". Nie była mu obca wątpliwość, która musiała się zrodzić także u czytelnika. Jeżeli nawet Golema można zbudować, to czy naprawdę warto? I nie chodzi tu bynajmniej o dylematy filozoficzne, etyczne czy ewentualne zagrożenia, lecz o korzyści praktyczne. Ale do pytań tego typu powrócimy mówiąc o tzw. sztucznej inteligencji. Jeżeli dzięki Golemom dowiemy się czegoś więcej o nas samych, to jest to wystarczający powód, aby Golemy interesowały cybernetyków i artystów. Tych drugich także dlatego, że są na tyle efektowną kreacją, tajemniczą i groźną, aby kolejne np. filmowe wcielenia Golemów i innych podobnych do nich „kreatur" wzbudzały emocje wśród widzów na całym świecie.

Zdając sobie sprawę z wielu różnych wątpliwości, jakie wzbudzać mogą Golemy, Henryk Greniewski przyznawał: „Nie potrafię w szczególności odpowiedzieć na pytanie, czy przyszły Golem ośmieli się sięgnąć po owoc z drzewa wiadomości dobrego i złego i czy na wzór starego Jehowy potrafimy go unieszkodliwić, czy też «wyżenąć z sadu Eden»".

I pomyśleć, że do takich biblijnych dylematów doszliśmy od rozważań poświęconych układom względnie odosobnionym i teorii dwoistości, czyli od elementów cybernetyki Henryka Greniewskiego — jednego z „poszukiwaczy Golema".

cybernetyce, której Oskar Lange był gorącym zwolennikiem. Gdy w 1962 roku powstało Polskie Towarzystwo Cybernetyczne, profesor Oskar Lange został jego pierwszym prezesem. Opublikowany w roku śmierci Profesora „Wstęp do cybernetyki ekonomicznej" stworzył podstawy nowej dziedziny zastosowań cybernetyki. Wybitny radziecki ekonomista, jeden z prekursorów zastosowań metod matematycznych w rozwiązywaniu problemów gospodarczych, akademik B.S. Niemczynow wypowiedział następującą opinię: „Samo pojęcie cybernetyki ekonomicznej zawdzięczamy nauce polskiej". Należy sądzić, że miał na uwadze przede wszystkim dorobek O. Langego.

We wstępie do pracy, będącej pierwszą w literaturze światowej książką zawierającą systematyczny wykład cybernetyki ekonomicznej, tak określa jej przedmiot: „...analiza przebiegu procesów gospodarczych przy użyciu współczesnego naukowego aparatu cybernetyki, a zwłaszcza jej gałęzi zwanej teorią automatycznej regulacji. Teoria ta ma szerokie znaczenie praktyczne; można ją również zastosować do badania sposobu funkcjonowania układów i procesów gospodarczych. Uzyskuje się w ten sposób nowe oświetlenie zagadnienia prawidłowego kierowania przebiegiem tych procesów oraz narzędzie skutecznego planowania i zarządzania gospodarką narodową lub poszczególnymi jej częściami". Szczególnie interesujące wydają się te partie książki, które zawierają cybernetyczne schematy teorii reprodukcji, analizę dynamiki marksowskiego procesu reprodukcji i dynamiki kształtowania się ceny rynkowej, podstawy teorii stabilności procesów gospodarczych, Michała Kaleckiego model cyklu koniunktury. O. Lange jako pierwszy zastosował aparat teorii niezawodności do analizy niezawodności działania układów gospodarczych. Modele cybernetyki ekonomicznej Oskara Langego to już

klasyka, zapowiadająca późniejsze badania systemów ekonomicznych.

Zwróćmy uwagę na to, jak aktualnie brzmią dziś niektóre poglądy Profesora, jak chociażby te, które dotyczą centralizacji i decentralizacji zarządzania. „Rolę cybernetyki można najlepiej naświetlić na znanym nam wszystkim przykładzie. Swego czasu toczyła się u nas bardzo ożywiona dyskusja nad tzw. modelem gospodarki, na temat centralizacji i decentralizacji. Wiemy, że gospodarka socjalistyczna w zasadzie jest i musi być centralnie kierowana. Bez tego rozwijałaby się żywiołowo, niemożliwe byłoby świadome kształtowanie rozwoju gospodarczego. Więc centralizm w planowaniu tej gospodarki jest konieczny. Ale z drugiej strony wiemy także, że pewien stopień decentralizacji w bieżącym zarządzaniu jest potrzebny po prostu dla elastyczności tej gospodarki. W trakcie tej dyskusji próbowaliśmy więc empirycznie, na bazie posiadanych doświadczeń, ustalić właściwe relacje między centralizacją a decentralizacją. Okazuje się, że właśnie dla tego rodzaju problemów aparat pojęciowy rozwinięty przez cybernetykę daje nam pewne kryteria naukowe". Warto i dziś o tym pamiętać, aby chociaż ograniczyć wpływ arbitralnych poglądów na temat funkcjonowania systemów gospodarczych.

W nadal aktualnych dyskusjach na temat systemowych rozwiązań struktur zarządzania pojawia się co pewien czas wspomniana już alternatywa: centralizacja czy decentralizacja? Dla każdego cybernetyka wydaje się oczywista odpowiedź, jakiej na to pytanie udzielił w 1956 roku Oskar Lange. Brzmiała ona następująco: „Decentralizacja jest tam konieczna, gdzie czas potrzebny na przebieg informacji z terenu do centrum, na przerób tej informacji w centrum na decyzje i przesłanie z powrotem decyzji z centrum

do terenu jest tak długi, że w tym czasie w terenie dokonały się nieodwracalne zmiany i decyzja przychodzi za późno. Tu mamy dwa zagadnienia: czas biegu informacji i odpowiedzi oraz przepustowość przerobową centrum przetwarzającego informacje na decyzje".

W 1962 roku ukazała się niewielka książeczka Oskara Langego pod frapującym tytułem: „Całość i rozwój w świetle cybernetyki". Praca ta zasługuje, także po niemal ćwierćwieczu od chwili powstania, na szczególną uwagę. Szczególne znaczenie tej pracy polega, jak należy sądzić, na tym, że dotyczy fundamentalnych dla materializmu dialektycznego kategorii „całości" i „rozwoju". Rozważania im poświęcone pojawiały się później w wielu pracach filozoficznych. U Langego uzyskały nowy wymiar, stały się pojęciami ścisłymi. Ścisłość swą zawdzięczają cybernetyce. I dzięki temu przestały być „własnością" filozofów. „Ścisłe i metodologiczne w pełni poprawne ujęcie sprawy całości i dialektycznego rozwoju było utrudnione przez brak adekwatnego aparatu myślowego — pojęć i zasad operowania nimi. Obecnie taki aparat myślowy zaczyna powstawać w związku z rozwojem nowej nauki — cybernetyki". Zastosowanie tego aparatu może pozwolić także na analizę wszystkich słabości metodologicznych metafizycznego finalizmu i mechanicyzmu. Taki wniosek wypływa także z lektury książeczki Langego, przy czym, co jest najistotniejsze, daje się on matematycznie uzasadnić.

Początkową część pracy zajmuje model układu elementów działających. Nie odbiega on od tego, co dziś możemy powiedzieć na temat systemów działania i ich modeli. Dla tego modelu Lange określa sposób działania układu, czyli pewne zespoły transformacji. Wyrażają one marksowskie „wewnętrzne prawo ruchu układu". Pozwala to na sformułowanie tzw. czasowego

prawa ruchu układu oraz prawa rozwoju układu. W przypadku stanu równowagi układu, tj. gdy stany wejść i stany wyjść elementów układu są niezmienne w czasie, prawo ruchu układu przyjmuje postać równania równowagi. Wektor będący rozwiązaniem tego równania określa stan równowagi. Jeżeli układ nie znajduje się w stanie równowagi, lecz do tego stanu zmierza, to układ ten jest stabilny. Układ taki, nawet jeśli na początku nie znajduje się w stanie równowagi, zmierza do niego z biegiem czasu.

Badanie stabilności układów technicznych należy do klasycznych zagadnień automatyki. Istnieją od dawna ścisłe metody analizy stabilności. Lange dokonał istotnego uogólnienia zagadnienia stabilności na systemy społeczne. Do dziś jest to aktualny problem socjocybernetyki. Metody cybernetyki pozwalają na stwierdzenie, że przy sprzężeniu zwrotnym ujemnym układ stabilny zmierza do stanu równowagi drogą malejących oscylacji, natomiast przy sprzężeniu zwrotnym dodatnim — drogą monotonicznego zbliżania się do tego stanu. Z punktu widzenia warunków równowagi zachodzi sprzeczność między stanami wejść i wyjść poszczególnych elementów układu. Jeżeli układ jest stabilny, to sprzeczność ta z biegiem czasu maleje, aż w końcu zanika. Sprzeczność ta wzrasta z biegiem czasu w układzie niestabilnym. Ona wyznacza niejako kumulacyjny charakter procesu rozwoju układu raz wytrąconego ze stanu równowagi. A zatem rozwój układu jest procesem dialektycznym, w którym sprzeczności zachodzące w układzie powodują jego bezustanny ruch i rozwój. Wyjaśnia to, dlaczego sprzeczność dialektyczna stanowi źródło ruchu oraz istotę prawa rozwoju układu. Najważniejsze, że wyjaśnienie to jest możliwe bez uciekania się do jakichś metafizycznych konstrukcji. Jest to niewątpliwą zasługą Oskara Langego i jego cybernetycznych

fascynacji. Na marginesie nadmieńmy, że podobne rozważania, jednakże bez sięgania do aparatu matematycznego, przeprowadził jedynie Stanisław Lem w „Dialogach".

Pewne zdziwienie i żal może budzić brak kontynuacji prac poświęconych ogólnym kategoriom filozoficznym z zastosowaniem cybernetyki, której nowe możliwości poznawcze ukazał Oskar Lange w liczącej niecałe 90 stron książce, której przedmiotem były „całość i rozwój", a które w świetle cybernetyki nabrały nowego blasku, utraconego w powodzi filozoficznych dywagacji.

Cybernetyka nie znajdowała się oczywiście w centrum zainteresowań Oskara Langego, które stanowiła ekonomia i działalność polityczna. Jednakże Lange potrafił z wielką przenikliwością dostrzec podstawowe wartości cybernetyki i w należyty sposób je zastosować. Podjęte przez niego próby społecznych zastosowań cybernetyki stawiają go niejako w opozycji do poglądów na ten temat Wienera, który, jak pamiętamy, wyrażał sceptycyzm. Lange ukazał potencjalne możliwości i drogę, którą należałoby podążać w badaniach społeczno-ekonomicznych zabezpieczając się przed popełnieniem tych grzechów, które doprowadziły do stanu sprzecznego z powszechnymi oczekiwaniami. Stan ten szczególnie wyraźnie uwidacznia się w warunkach kryzysu gospodarczego i politycznego.

W kwietniu 1940 roku Oskar Lange tak pisał: „Socjalizm w moim pojęciu jest to taka organizacja procesów społecznych, która służy dobru ludu zamiast przywilejom nielicznych. Jest on celem i metodą właściwą nowoczesnemu, uprzemysłowionemu społeczeństwu, a nie gotową receptą ważną na wszystkie czasy i w każdych warunkach".

K. Dziewanowski, z którego książki zaczerpnęliśmy wiele danych o O. Lange, wspomina takie zdarzenie:

„Dziennikarze z ONZ lubią go jeszcze z innego powodu. Na jednej z konferencji prasowych pewien dziennikarz, pragnąc wyrazić uznanie dla zręczności dyplomatycznej Langego, użył określenia: political fire eater (polityczny połykacz ognia). Usłyszawszy to, polski delegat wziął kawałek papieru, zapałkę, podpalił kartkę i... zaczął połykać ogień! Sala skamieniała, a potem wybuchła homerycznym śmiechem".

VII. Charaktery, czyli o cybernetyce Mariana Mazura

„Każda teoria o szerszym zastosowaniu implikuje pewien obraz świata... każde znaczniejsze osiągnięcie naukowe zmienia widzenie świata i stanowi «filozofię naturalną»".

(Ludwig von Bertalanffy)

Dwa tygodnie w maju 1976 roku nad jeziorem w Orzyszu należą z pewnością do tych okresów w życiu młodych adeptów cybernetyki, inżynierii systemów itp., które będą pamiętane długo i mile. Piękna pogoda i możność wysłuchania kilkudziesięciu wykładów wygłoszonych przez uczonych, z których niejeden zaliczany jest do „ścisłej czołówki", sprawiły, że była to rzeczywiście niezapomniana przygoda. Wielu uczestników „orzyskiej szkoły" do dnia dzisiejszego wspomina niemal codzienne dyskusje „przy piwie", przeciągające się na ogół do późnych godzin nocnych. Bohaterem tych nocnych spotkań był profesor Marian Mazur. Profesor zdawał się być w swym żywiole, był bowiem niezrównanym gawędziarzem i partnerem w dyskusjach. Te zaś dotyczyły spraw różnych, ale z opowieści i znakomitych anegdot Profesora wyłaniały się jego oryginalne koncepcje cybernetyczne i wspaniała osobowość wybitnego intelektualisty.

Marian Mazur urodził się w 1909 roku w Radomiu. Mając 25 lat, ukończył Wydział Elektryczny Politechniki Warszawskiej i rozpoczął pracę w Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym w Warszawie, kierowanym przez Janusza Groszkowskiego. Zajmował

się tam pomiarami elektrycznymi. Wojna uniemożliwiła dokończenie, nowatorskiej wówczas, pracy nad automatyzacją telefonicznych połączeń międzymiastowych. Po wojnie był inspektorem przemysłu i handlu, a następnie zajmował się elektrotermią. W 1951 roku uzyskał stopień doktora, a trzy lata później został profesorem. W czasie pracy w Zakładzie Prakseologii — wspomina T. Pszczołowski — M. Mazur zaczął rozwijać zainteresowania naukoznawcze. Działała pracownia, a niezależnie odbywały się posiedzenia naukowe epistemologii pragmatycznej. To nastawienie naukowoznawcze było powodem, iż M. Mazur nie pozostał w Zakładzie Prakseologii, lecz przeszedł do Instytutu Polityki Naukowej i Szkolnictwa Wyższego. Niewątpliwie wróciłby do nas, gdyby nieco wcześniej powstał Zakład Prakseologii i Naukoznawstwa. Na początku 1982 roku wygłosił prelekcję w Oddziale Warszawskim Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego, gromadząc wielu słuchaczy, budząc wielkie zainteresowanie. Prawdziwe zainteresowanie cybernetyką Mazura, graniczące ze swoistym kultem jego osoby, nastąpiło ponad rok później. Wcześniej jednak, w styczniu 1983 roku Marian Mazur niespodziewanie zmarł.

Do cybernetyki Marian Mazur doszedł z techniki, zajmując się elektrotechniką, pomiarami elektrycznymi itp. Jako inżynier szczególną uwagę zwracał na podstawy fizyczne rozpatrywanych zjawisk, mniej na finezję matematyczną ich opisów. Droga Mazura do cybernetyki była więc odmienna niż Greniewskiego i to zapewne spowodowało, że ci dwaj wybitni „ojcowie" polskiej cybernetyki wiedli częste spory, które dziś owiane są pewną legendą. Mazur doszedł do cybernetyki „od dołu", czyli z konkretnej monodyscypliny, natomiast Greniewski niejako „od góry", bowiem z filozofii i logiki. Z przypomnienia tego wypływa morał taki, że obie drogi są po prostu możliwe, bo-

wiem obie doprowadziły do cybernetyki. A cybernetyka znajdowała się niejako pomiędzy monodyscyplinami konkretnymi a matematyką i logiką. Zresztą M. Mazur miał szczególny stosunek do filozofów, o których pisał: „Filozofowie to przemili ludzie poruszający interesujące tematy i błyskotliwie formułujący swoje poglądy, ale — z rzadkimi wyjątkami — — nie są oni dobrymi partnerami do dyskusji naukowej, ponieważ mają kilka przywar: — swoje poglądy wywodzą z przyjętych przez siebie założeń, w które domagają się uwierzenia, natomiast nauka nie przyjmuje niczego na wiarę, swoje poglądy uważają za słuszne, a poglądy przeciwników za błędne — natomiast w nauce uważa się, że wszelkie poglądy są błędne, tylko różnią się stopniem błędności, i wobec tego nie dzieli się naukowców na «zwolenników» i «przeciwników»! lecz sprawdza dowody wygłaszanych twierdzeń. Dodajmy do tego, że filozofowie bardzo lubią innych pouczać, ale, niestety, sami nie lubią się douczać".

Można zapewne przypuszczać, że takie stanowisko Profesora przyniosło mu popularność wśród ludzi młodych, którzy, jak wiadomo, odczuwają niechęć do mentorskich rad, filozoficznych przypowiastek opartych na odległych w czasie doświadczeniach ich autorów itp. Zresztą, chyba nie o filozofię tu chodzi, sam Marian Mazur dziś uważany jest także za filozofa, lecz o pewien doktrynerski styl myślenia o rzeczywistości, który cechuje ludzi znających odpowiedź na każde pytanie, i to odpowiedź „jedynie słuszną".

Już z tych pierwszych zdań wyłania się jakiś szkic postaci Profesora. Stanie się on zapewne bogatszy, gdy uzupełnimy go o jeszcze jeden fragment pośmiertnych wspomnień autorstwa T. Pszczołowskiego: „M. Mazur reprezentował w praktyce teoretyczną ideę jedności nauki. Nauki techniczne, cybernetyka, nauki

o człowieku i społeczeństwie stanowiły dla Niego jeden system, dlatego też nie miał oporów czy poczucia niższości, gdy od problemów obróbki elektrotermicznej przechodził do kształtowania tworzywa ludzkiego, od elektroniki do charakterologii, od teorii informacji do funkcji dowcipu, żartu, anegdoty — w wypowiedzi mówionej i pisanej". Czyż nie jest to postawa prawdziwego filozofa, albo po prostu prawdziwego cybernetyka?

W dorobku Mariana Mazura znajdują się prace, które, podkreślmy to od razu, należą do największych osiągnięć polskiej cybernetyki, a być może także światowej. Do takiej oceny skłania porównanie prac Mazura z pracami zagranicznymi, uchodzącymi w powszechnym przekonaniu za klasykę i największe dokonania. Mamy tu na uwadze trzy książki: „Cybernetyczna teoria układów samodzielnych", „Jakościowa teoria informacji" i „Cybernétyka i charakter". Ta ostatnia, jak się dziś okazuje, zyskała największą popularność, zapewne dlatego, że stanowi wykład „filozofii" autora, okraszony licznymi anegdotami. Jest także przystępnym wykładem cybernetyki Mazura, a zwłaszcza najlepszym wykładem jego cybernetycznej teorii charakteru. Książka ta stała się pewnego rodzaju „biblią" „mazurowców", których, po śmierci Profesora, zaczęło przybywać. Publikowano liczne artykuły i wywiady, pełne bezkrytycznych zachwytów, zapowiedzi i nadziei, porównań z Kopernikiem (lub Einsteinem), opowieści o tym, jak to książka Mazura ułatwia codzienne życie itd. itd. Tam, gdzie podejmowano badania, prace kontynuujące rezultaty uzyskane przez Profesora lub uzupełniające je o nowsze wyniki badań empirycznych, tam rzeczywiście rodziły się nadzieje na pokonanie istniejących jeszcze cybernetycznych barier metodologicznych i na dalszy rozwój cybernetyki M. Mazura. Wcześniej jed-

nak pojawiły się ogłoszenia oferujące usługi terapeutyczne, diagnostyczne, pozwalające na „optymalne" kojrzenie małżeństw, wybór zawodów i wiele innych. I to wszystko z książką Mazura w ręku, jako jedynym narzędziem.

Te działania nie przynosiły nadziei na przełamanie pewnej niechęci środowiska „tradycyjnych" psychologów i socjologów, ale także cybernetyków wywodzących się z innych nieco szkół. Tych wszystkich zaś uważano, a byli tacy, za zacofańców itp. A cybernetyka rozwijała się w kraju i na świecie, coraz częściej dostrzegając w dorobku Mazura autentyczne wartości poznawcze.

Do szczególnie popularnych fragmentów „Cybernetyki i charakteru" należał ten, w którym Profesor określał różnice pomiędzy nauką a doktryną. Oto niektóre z nich: „Naukowiec uważa naukę za zawód, do którego czuje on zamiłowanie. Doktryner uważa doktrynę za misję, do której czuje on posłannictwo. (...) Naukowiec ma mnóstwo wątpliwości, czy jest prawdą to, co mówi nauka. Doktryner nie ma najmniejszych wątpliwości, że jest «prawdą» to, co mówi dyktryna. Naukowiec popiera krytykujących naukę. Doktryner zwalcza krytykujących doktrynę. (...) Naukowcy są dumni z tego, że w nauce w ciągu tak krótkiego czasu tak wiele się zmieniło. Doktrynerzy są dumni z tego, że w doktrynie w ciągu tak długiego czasu nic się nie zmieniło".

Po tej dłuższej dygresji, którą proponujemy uznać za kolejną cybernetyczną anegdotę, powrócimy do tego, co w cybernetyce Mariana Mazura należy uznać za najwartościowsze.

„Cybernetyczna teoria układów samodzielnych" stanowi na wskroś oryginalną pracę, dającą wprowadzenie do teoretycznych podstaw cybernetyki Mazura.

W centrum uwagi autora znajduje się model układu samodzielnego — systemu autonomicznego.

Systemem autonomicznym jest system mający:

— zdolność sterowania oraz

— zdolność przeciwdziałania utracie zdolności sterowania.

Aby zostały zapewnione te zdolności, system autonomiczny musi składać się z następujących podsystemów:

— efektora, czyli organów zapewniających oddziaływanie na otoczenie,

— receptora, czyli organów zapewniających pobieranie informacji z otoczenia,

— korelatora, czyli organu zapewniającego przetwarzanie i przechowywanie informacji,

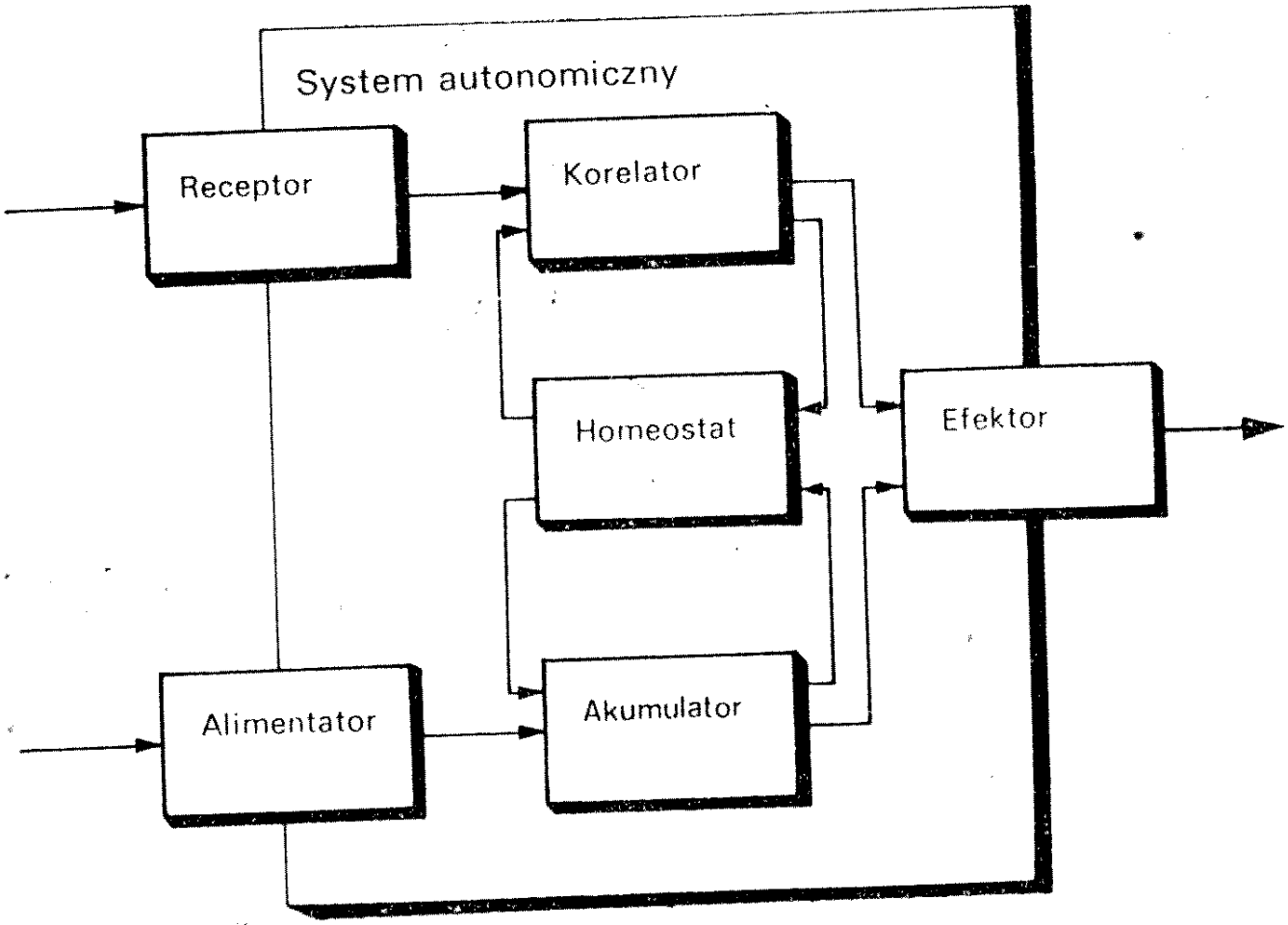
— alimentatora, czyli organów zapewniających pobieranie energii z otoczenia,

— akumulatora, czyli organu zapewniającego przetwarzanie i przechowywanie energii,

— homeostatu, czyli organu zapewniającego przeciwdziałanie przepływom informacji i energii zmniejszającym możność oddziaływania systemu na otoczenie.

System posiada zatem dwa wejścia: receptory i alimentatory oraz jedno wyjście: efektory. Trzy pozostałe podsystemy (korelator, akumulator, homeostat) są wewnętrznymi organami systemu autonomicznego. System autonomiczny może się więc sterować bez zewnętrznego organizatora, będąc najczęściej organizatorem działania innych systemów. Zespół sprzężeń zwrotnych w systemie autonomicznym zapewnia zdolność utrzymywania się systemu w stanie równowagi funkcjonalnej. Utrzymywanie systemu w tym stanie jest zadaniem homeostatu.

Ogólnie, w systemie autonomicznym wyróżniono dwa główne tory: tor informacyjny oraz tor energe-



System autonomiczny Mariana Mazura

tyczny. Pierwszy obejmuje receptory wykrywające bodźce w otoczeniu, korelator przechowujący informacje odbierane od receptorów i przetwarzający je w informacje przenoszone do efektorów wytwarzających odpowiednie reakcje. Drugi obejmuje alimentatory pobierające energię z otoczenia, akumulator przechowujący pobraną energię i przetwarzający ją w energię potrzebną do napędu efektorów przy wytwarzaniu reakcji. Poprzez tor informacyjny i tor energetyczny system autonomiczny jest sprzężony z otoczeniem, natomiast tory te są sprzężone poprzez homeostat.

Zgodnie z konsekwentnym „fizycznym" ujęciem działania systemu, w każdym korelatorze musi występować przepływ energii (nie jest istotny jej rodzaj) między rejestratorami, rejestrującymi informacje, a estymatorami, czyli organami oceniającymi, czy reakcja powinna nastąpić, czy nie. Jest to przepływ energii korelacyjnej, nazywanej tak w celu odróżnienia od energii roboczej płynącej w torze energetycznym. Aby energia przepływała musi występować pewna różnica potencjałów. W korelatorze występuje potencjał rejestracyjny i potencjał estymacyjny. Do uruchomienia efektora konieczne jest przekroczenie wartości progowej, tzw. potencjału decyzyjnego a przekroczenie jego nazywane jest decyzją. Zmiany rozkładu potencjałów w korelatorze wywierają wpływ na homeostat, który z kolei wywiera wpływ na korelator wprowadzając do niego pewien potencjał nazywany potencjałem refleksyjnym. A wobec tego potencjał korelacyjny jest sumą potencjału refleksyjnego i potencjału rejestracyjnego. Homeostat zwiększając lub zmniejszając potencjał refleksyjny powoduje utrzymywanie się systemu autonomicznego w stanie równowagi funkcjonalnej. Od potencjału refleksyjnego zależy, czy ten sam bodziec wywoła reakcję, czy

nie. Dzięki homeostatowi system może sterować się we własnym interesie. W koncepcji M. Mazura tor informacyjny i tor energetyczny w systemie autonomicznym zostały potraktowane jako pewne obiekty fizyczne, które charakteryzują pewne mierzalne wielkości fizyczne. Dzięki temu cybernetyczna teoria systemów autonomicznych nie jest kolejną abstrakcyjną teorią systemów.

Za potraktowaniem człowieka jako systemu autonomicznego przemawiają następujące fakty:

— człowiek ma zdolność sterowania i zdolność przeciwdziałania utracie zdolności sterowania,

— człowiek jest zdolny do utrzymywania się w równowadze funkcjonalnej pomimo zmian zachodzących w otoczeniu.

— człowiek dąży do utrzymywania swojej egzystencji,

— człowiek funkcjonuje we własnym interesie.

W związku z tym Marian Mazur zaproponował pewne parametry sterownicze, od których w znacznej mierze zależy osiąganie przez człowieka zamierzonych celów. Dla człowieka najkorzystniej jest, aby zachodziła zgodność między jego parametrami sterowniczymi a aktualnymi parametrami otoczenia. I to założenie legło u podstaw cybernetycznej teorii charakteru (CTC), z pewnością najoryginalniejszej koncepcji Mazura.

Parametry sterownicze człowieka podzielone zostały na elastyczne, czyli takie, które można zmodyfikować, oraz na sztywne, czyli od otoczenia niezależne. Oznacza to, że człowiek może bądź dostosować się do sytuacji (gdy chodzi o parametry elastyczne), bądź dostosować sytuację do swych potrzeb (gdy chodzi o parametry sztywne). Innego wyjścia nie ma. Rzecz w tym, aby precyzyjnie dokonać identyfikacji parametrów sterowniczych. Charakterem człowieka, we-

dług Mazura, jest zbiór parametrów sztywnych. Jasne jest zatem, że wysiłki zmierzające do przerobienia charakteru skazane są z góry na niepowodzenie. Wypływa stąd wniosek o wadze, jaką ma znajomość parametrów ludzkiego charakteru dla różnych działań, wychowania, nauczania, kierowania, propagandy, a także dla sztuki.

CTC wyróżnia następujące parametry charakteru:

1) poziom charakteru, na który składają się:
   — pojemność informacyjna (INTELIGENCJA)
   — rejestracyjność (POJĘTNOŚĆ)
   — preferencja (TALENT)
2) dynamizm charakteru, związany z „gospodarką" mocą dyspozycyjną człowieka, tj. tą częścią mocy fizjologicznej, dzięki której człowiek może wpływać na otoczenie
3) szerokość charakteru, na którą składają się:
   — tolerancja
   — podatność.

Analizując poziom charakteru, przyjęto oczywiste w gruncie rzeczy założenie, że człowiek może się stero rować w swoim otoczeniu tym skuteczniej, im więcej posiada zarejestrowanych informacji, czyli im większa jest pojemność informacyjna mózgu oraz jego zdolność do wytwarzania wielu różnorodnych wyobrażeń, czyli jego inteligencja. Z kolei liczba zarejestrowanych informacji jest tym większa, im bardziej wzrasta przewodność dróg przepływu energii, czyli im większa jest rejestracyjność mózgu. Od niej zależy zdolność do zapamiętania każdej odebranej informacji, czyli pojętność. Liczba zarejestrowanych informacji jest tym większa, im większa jest tzw. przewodność początkowa, a to zachodzi między elementami skupionymi blisko siebie (krótkość drogi przepływu energii), czyli im większa jest preferencyjność mózgu. Im większa jest preferencyjność, tym większa jest zdolność czło

wieka do wytwarzania wyobrażeń szczególnego rodzaju, czyli jego talent. Te trzy cechy, a więc inteligencja, pojętność i talent składają się na intelekt człowieka. Oczywiście inteligencja może być niska lub wysoka, pojętność mała lub duża, talent może być lub nie. Przyjmując takie stany wymienionych cech można dokonać prostej typologii ludzkiego intelektu.

Kod typu	Inteligencja	Pojętność	Talent	Nazwa typu
0	niska	mała	brak	„debilizm"
1a	wysoka	mała	brak	„ogólna inteligencja"
1b	niska	duża	brak	„dobra pamięć"
1c	niska	mała	wyraźny	„pomysłowość"
2a	wysoka	duża	brak	„erudycja"
2b	wysoka	mała	wyraźny	„perfekcjonizm"
2c	niska	duża	wyraźny	„intuicjonizm"
3	wysoka	duża	wyraźny	„genialność"

Przyjmując powyższą typologię, uważa się, że ludzie typu 1 nadają się raczej do zadań wykonawczych, natomiast ludzie typu 2 do zadań kierowniczych. Źródłem powszechnych konfliktów w sprawach intelektu jest konfrontacja między sztywnymi parametrami intelektu ludzi a sztywnymi wymaganiami otoczenia (rodziców, współmałżonków, wychowawców, decydentów, instytucji itp.).

Jak stwierdza Marian Mazur: „Nieporozumienie polega na tym, że parametry intelektu są sztywne bio-

logicznie, żadna siła nie zdoła doprowadzić do zwiększenia komuś inteligencji (bo niemożliwe jest dodanie mu elementów w mózgu) ani pojętności (bo niemożliwe jest zagęszczenie rozmieszczenia jakiejś grupy elementów w mózgu)". Nieporozumienia te, wynikające z nieznajomości parametrów intelektu, mogą sprawić, że dobrego uprawiania zawodu niezgodnego z tymi parametrami nie spowoduje nawet „nadludzka" pracowitość.

Starzenie organizmu powoduje, że jeżeli w początkowym okresie życia człowiek ma nadmiar mocy dyspozycyjnej, to w okresie końcowym ma jej niedomiar. Pomiędzy tymi okresami istnieje stan pewnej równowagi energetycznej. Zjawisko to wyrażane jest w CTC za pomocą dynamizmu charakteru. Dynamizm ulega zatem zmianie od dodatniego (nadmiar mocy dyspozycyjnej), poprzez dynamizm zerowy (nie ma nadmiaru ani niedomiaru), do ujemnego (niedomiar). Dynamizm charakteryzuje więc „gospodarkę energetyczną" człowieka.

Marian Mazur wyróżnił pięć zasadniczych stopni dynamizmu:

C — EGZODYNAMIZM (duży dynamizm dodatni)
BC — EGZOSTATYZM (mały dynamizm dodatni)
B — STATYZM (dynamizm zerowy)
AB — ENDOSTATYZM (mały dynamizm ujemny)
A — ENDODYNAMIZM (duży dynamizm ujemny)

CTC formułuje prawo stwierdzające, że „z biegiem życia charakter ludzki zmienia się w kierunku od dynamizmu dodatniego do ujemnego". Rozwój energetyczny człowieka może być zarówno opóźniony (człowiek pozostaje długo np. egzodynamikiem), jak i przyspieszony (np. człowiek w młodym wieku staje się statykiem).

Mazur stwierdza, że dynamizm charakteru jest parametrem sterowniczym odgrywającym podstawową

rolę we wszystkich przejawach ludzkiego zachowania i z niego też wynikają ludzkie dążenia.

A oto jak Mazur określa „typowe" upodobania zawodowe poszczególnych przedstawicieli stopnia dynamizmu:

— egzodynamicy to twórcy, wynalazcy
— egzostatycy to interpretatorzy, „twórcy z cudzej inspiracji"
— statycy to odbiorcy sztuki i wykonawcy zadań
— endostatycy to organizatorzy, „władcy z cudzej nominacji"
— endodynamicy to władcy (dyktatorzy, bizesmeni, itp.).

Parametr sterowniczy określony sumą tolerancji i podatności stanowi szerokość charakteru. Tolerancja jest pewną strefą „nierozróżnialności", w której zakresie człowiek akceptuje bodźce bez oporu. Podatność to zakres skuteczności presji, pod wpływem której człowiek akceptuje pewne bodźce.

Pod względem szerokości charakteru wyróżnia się cztery typy ludzi:

1) nietolerancyjni niepodatni — zgadzający się tylko na niewiele rzeczy i nieustępliwi wobec prób wymuszania ich zgody na cokolwiek innego,
2) nietolerancyjni podatni — zgadzający się tylko na niewiele rzeczy, ale łatwo ustępujący wobec nacisku,
3) tolerancyjni niepodatni — zgadzający się na wiele rzeczy, ale na nic ponadto,
4) tolerancyjni podatni — zgadzający się na wiele rzeczy, a nawet więcej jeszcze, nawet przy niewielkim nacisku.

Interpretując szerokość charakteru powiada się, że pozbawienie człowieka bodźców i uniemożliwienie reakcji w zakresie jego tolerancji odczuwa on jako naruszenie jego wolności, natomiast narzucenie człowie-

kowi bodźców i wymuszenie reakcji spoza zakresu jego tolerancji odczuwane jest jako naruszenie jego godności.

W świetle CTC jakże prosto wydają się identyfikować tzw. stosunki międzyludzkie, a zwłaszcza te ich przejawy, którym nie tylko uczeni poświęcali wiele uwagi. Z różnym zresztą skutkiem. Na przykład: postawa człowieka do typu ludzi o takim samym dynamizmie jak jego własny jest solidarnością, a do jednego wybranego partnera przyjaźnią. Stosunek człowieka o określonym dynamizmie do człowieka o dynamizmie przeciwnym jest miłością, a więc jest ona możliwa między egzodynamikiem a endodynamikiem, egzostatykiem a endostatykiem, statykiem a statykiem. Dodajmy, że dobrze by chyba było, aby reprezentowali... płci przeciwne. Niegdyś, bodajże R. Vailland w „Dziwnej zabawie" powiedział, że „miłość jest to to, co się dzieje między dwojgiem ludzi, którzy się kochają". I wstyd się przyznać, ta „definicja" długo mi wystarczała. W ten sposób „miłość w świetle CTC" sprowokowała do osobistych, w gruncie rzeczy, wynurzeń...

Kończąc prezentację elementów CTC, warto wspomnieć o wyróżnieniu przez Mazura tzw. złudzeń charakterologicznych, polegających na tym, że charakter pozorny brany jest za rzeczywisty. Złudzeniami tymi są: omyłki, mistyfikacje (gdy człowiek poznawany wysila się, wbrew własnemu charakterowi na reakcje atrakcyjne dla człowieka poznającego), konformizacja (złudzenie co do własnego charakteru). Należy się zgodzić z Profesorem, że biorąc pod uwagę 8 typów intelektu, 5 typów dynamizmu i 4 typy szerokości charakteru, otrzymuje się 160 typów ludzkiego charakteru, a więc „jest z czego wybierać".

CTC nie spotykała się na ogół z entuzjazmem ze strony psychologów. Jest to poniekąd zrozumiałe.

CTC oferuje jakby nowy paradygmat w badaniach nad charakterem człowieka. Nie chodzi nam o przekreślanie znacznego, wieloletniego dorobku psychologii, lecz raczej o uzupełnienie go nowym atrakcyjnym narzędziem badawczym. Ma on niewątpliwe zalety i o nich staraliśmy się mówić. Czy ma wady? Zapewne, ale o nich powinni wypowiedzieć się ludzie kompetentni, a przede wszystkim otwarci, którym obca jest postawa „doktrynerska". Przede wszystkim zaś CTC powinna stać się przedmiotem intensywnych badań interdyscyplinarnych, w wyniku których powstać by mogły skuteczne narzędzia diagnostyczne, terapeutyczne, które pozwoliłyby na wzrost skuteczności poradnictwa. Tego oczekują ludzie zagubieni, mający trudności z tzw. przystosowaniem się, nieszczęśliwi z powodu nietrafnych niegdysiejszych wyborów. Takich ludzie jest coraz więcej. I dlatego nie dziwmy się, że nadzieje swe wiążą także z cybernetyką. A to powoduje, że rośnie odpowiedzialność cybernetyków za jakość oferowanych metod. Psychocybernetyków również dotyczy zasada mówiąca, że „po pierwsze, nie szkodzić", oczywiście „pacjentom", ale i... cybernetyce.

Jedną z najważniejszych prac w dorobku Mariana Mazura jest „Jakościowa teoria informacji", przynosząca nowe, oryginalne spojrzenie na procesy informowania. Dlatego sięgnęliśmy do niej w rozdziale poświęconym informacji. Dodajmy tylko, niejako na marginesie spraw zasadniczych, że „Jakościowa teoria informacji" została niemal natychmiast przetłumaczona na język rosyjski, a radzieccy cybernetycy często powołują się na nią. Za to w krajowych monografiach poświęconych problemom teoretycznym informacji, nawet nie odnotowano faktu jej opublikowania. Nie pierwszy to zresztą wypadek...

Jaka jest zatem cybernetyka Mariana Mazura? Jest

to cybernetyka barwna, wychodząca niejako z tych prawdziwych materialnych podstaw życia, funkcjonowania ludzi, zwierząt i maszyn i jednocześnie w wielu momentach kontrowersyjna, zwłaszcza wtedy, gdy mamy do czynienia z bezkompromisowymi ocenami innych dzieł i postaw. Ale taką barwną postacią był M. Mazur. Szczególnie wiele zamieszania spowodowała „Cybernetyka i charakter", lecz za to była także czytana przez niecybernetyków, a recenzje ukazywały się w czasopismach literackich.

Oto niektóre wypowiedzi: „Postępową metodę opisu człowieka zaproponował ostatnio profesor Marian Mazur w «Cybernetyce i charakterze», książce głęboko filozoficznej, wywodzącej się z nurtu: Bacon — — Reichenbach, odrzucającej całą problematykę egzystencjalną jako źle postawione pytanie, zaś epistemologię traktującą jako dziedzinę metrologii i cybernetyki. Profesorowi Mazurowi śmieszne wydaje się pytanie o poznawaniu rzeczywistości" (A.J. Wieczorkowski). „Ale głuchota filozoficzna odbija się również na postawieniu centralnego tematu książki. Tymczasem zamiast toczyć boje o to, że cybernetyka człowieka nie degraduje, pożytecznie byłoby zastanowić się, jakie są granice stosowalności proponowanego ujęcia. Zamiast głosić wyższość cybernetyki nad psychologią («Cybernetyka może wnieść wiedzę o ludzkim charakterze. Psychologia może na ten temat snuć jedynie domniemania»), warto by może wskazać różnicę między obydwoma ujęciami: ich wzajemna niesprawdzalność nie znaczy jeszcze, że się obie nawzajem wykluczają. A przede wszystkim zamiast pomstować na mity, urojenia i przesądy w ludzkim myśleniu, należałoby je przyjąć jako datum, jako nieodłączny element ludzkiej rzeczywistości. Dla człowieka — systemu autonomicznego — treści świadomości odgrywają, być może, rolę drugorzędną; dla człowieka — twórcy

i uczestnika kultury — są one sprawą bodaj najważniejszą. Wyobrażenia, pojęcia, wartości, ukształtowane w toku całej ludzkiej historii, stanowią część naszego nieusuwalnego wyposażenia. Nauka o człowieku, która postanowi je pominąć, skazana jest na to, że będzie mówić o człowieku, jakim by był, gdyby nie był taki, jaki jest" (M. Szpakowska).

Powyższe opinie są dostateczną rekomendacją książki Mazura. Bardziej niż trafność tych czy innych opinii, mnie interesuje to, jak się „Cybernetykę i charakter" będzie czytać za, na przykład, ćwierć wieku...

Jeszcze jedno, wielbiciele „eleganckich", wyrafinowanych modeli matematycznych wynoszą z lektur książek Mazura nieskrywane rozczarowanie. Należy jednak pamiętać o tym, że Mazura interesował nie tyle opis zjawisk, ile odkrywanie ich mechanizmów. Tym różniła się „jego" cybernetyka od cybernetyki tworzonej przez logików i matematyków, a w szczególności od tej, którą tworzył jego dawny adwersarz — Henryk Greniewski.

Kończąc ledwie zaczęty szkic o cybernetyce i cybernetyku Marianie Mazurze, sięgnijmy raz jeszcze do jego prac. W nich się kryje portret Mazura, gdyż o twórcach przecież zaświadczają ich dzieła. „W nauce natomiast chodzi o rozwiązanie zagadnień, czyli o poszukiwanie odpowiedzi na pytania, na które dotychczas nie odpowiedziano. O trafności znalezionej odpowiedzi przesądza przecież nie prawo decydowania, lecz przeprowadzenie dowodu. (...) Dziś jeszcze ogromna większość decydentów pojmuje decydowanie arbitralnie, jako przywilej i nagrodę za zasługi, a nie jako jeden z rodzajów pracy polegający na rozwiązywaniu problemów decyzyjnych (z podaniem dowodu trafności), nie gorszy, ale i nie lepszy od innych rodzajów pracy, a na pewno wymagający odpowiednich kwalifikacji".

I na zakończenie wspomnienie samego Profesora z lat siedemdziesiątych: „Na końcowym zebraniu licznej grupy ekspertów, która opracowywała obszerny memoriał w sprawie «udoskonalenia zarządzenia państwem» zabrał głos ówczesny Numer Jeden, wyrażając ekspertom podziękowanie za włożony trud. Zakończył je słowami: «Dokument ten przestudiujemy, a co uznamy za słuszne — zastosujemy». Rozległy się brawa, ale ja nie klaskałem, ponieważ była to wypowiedź świadcząca, że ekspertów nie uważa się za partnerów, których racje mogą być niepodważalne i wobec tego — zobowiązujące".

VIII. Tajniki kierowania, czyli o cybernetyce społecznej i ekonomicznej

„Kiedy społeczeństwo jest dobrze zorganizowane — i osiąga pewien poziom równowagi — wtedy wszystko staje się niewidoczne, ponieważ jest nieruchome. Podobnie ptaki są tylko muzyką i kolorem. Kiedy zachowana jest równowaga. Ale usuńcie jastrzębia, który się nimi żywi, a spustoszą wasze zbiory."

(Antoine de Saint-Exupéry)

Jak pamiętamy, zarówno Ampère, jak i Trentowski łączyli pojęcie cybernetyki z kierowaniem społecznym, z rządzeniem państwem. Z chwilą powstania cybernetyki uwaga koncentrowała się na problemach sterowania technicznego i biologicznego, rzadziej społecznego. Także socjologowie i ekonomiści znacznie mniej uwagi poświęcali problemom kierowania grupami (zespołami) i zarządzania gospodarką narodową. I tak większą uwagę przywiązywano do procesów zachodzących w sferze realnej, a więc energo-materialnej, niż w sferze regulacyjnej, czyli informacyjno-decyzyjnej. Powodowało to nienadążanie procesów sterowania, organizujących działanie, za rozwojem procesów wykonawczych. Na początku naszego wieku sytuacja zaczynała się bardzo powoli zmieniać. Powstała tzw. naukowa organizacja pracy, a potem nauka o organizacji i kierowaniu. Do czasu powstania koncepcji cybernetyczno-systemowych rozwój tej nauki odbywał się pod wpływem różnych szkół i nurtów (socjologicznego, psychologicznego, stosunków międzyludzkich itp.). Podobnie działo się w naukach politycznych, zaś proponowane metody analizy systemów sterowania społeczno-politycznego trudno

uznać za zadowalające. Warto już na wstępie zaznaczyć, że cybernetyka, aczkolwiek wniosła do problematyki systemów sterowania społeczno-ekonomicznego ścisłe metody analizy i syntezy, nie zmieniła jeszcze dotychczasowego stanu badań w tej dziedzinie, a i jej wpływ na bieg realnych procesów społeczno-gospodarczych był ograniczony. Nietrudno się o tym przekonać.

Najogólniej można powiedzieć, że o ile pierwsza rewolucja przemysłowa przyniosła mechanizację, to druga — automatyzację. Marian Mazur uważa, że druga rewolucja naukowa, która wybuchła po II wojnie światowej stworzyła organizację. I dodaje: „Organizację czego? Najkapitalniejsze jest to, że niczego. To znaczy wszystkiego. Nie wiadomo czego. Czegokolwiek. Właśnie ta nieokreśloność stanowi największą wartość i siłę tej rewolucji naukowej".

Szwajcarski ekonomista H. Kende pisze: „Jeżeli XIX wiek był wiekiem przemysłu, to wiek XX wszedł do historii jako wiek administracji. Przemysł zajmuje przy tym czołowe miejsce — i jego potęga stale rośnie — lecz nad królestwem techniki panuje imperium biurokracji".

A więc, widmo krąży nad światem — widmo biurokracji. Tym zagrożeniom poświęcali uwagę, w mniej lub bardziej poważnej formie: Parkinson, Peter Townsend, że wymienimy autorów bardziej popularnych książek. Rzecz jednak nie polega na tym, by kpić i złorzeczyć na biurokrację, a raczej na jej skutki. Jan Szczepański pisał: „Bez biurokracji nie ma nowoczesnego państwa, przemysłu i usług. Lecz biurokracja nie jest celem sama w sobie. Jest aparatem pracującym dla zadań merytorycznych, a nie dla młócenia pustej słomy".

Na całym świecie obserwowany jest wzrost liczby zatrudnionych w sferze regulacji, w „biurokracji",

jak byśmy powiedzieli. I jest to zjawisko obiektywne. Dzięki automatyzacji i robotyzacji będzie ono ulegać pogłębieniu. Systemy kierowania różnią się efektywnością działania. Administracja nieefektywna staje się „biurokratyzacją", utrapieniem dla obywateli, którym przecież powinna służyć. Od cybernetyki należałoby zatem wymagać określenia mechanizmów efektywnego funkcjonowania systemów kierowania społeczno-ekonomicznego.

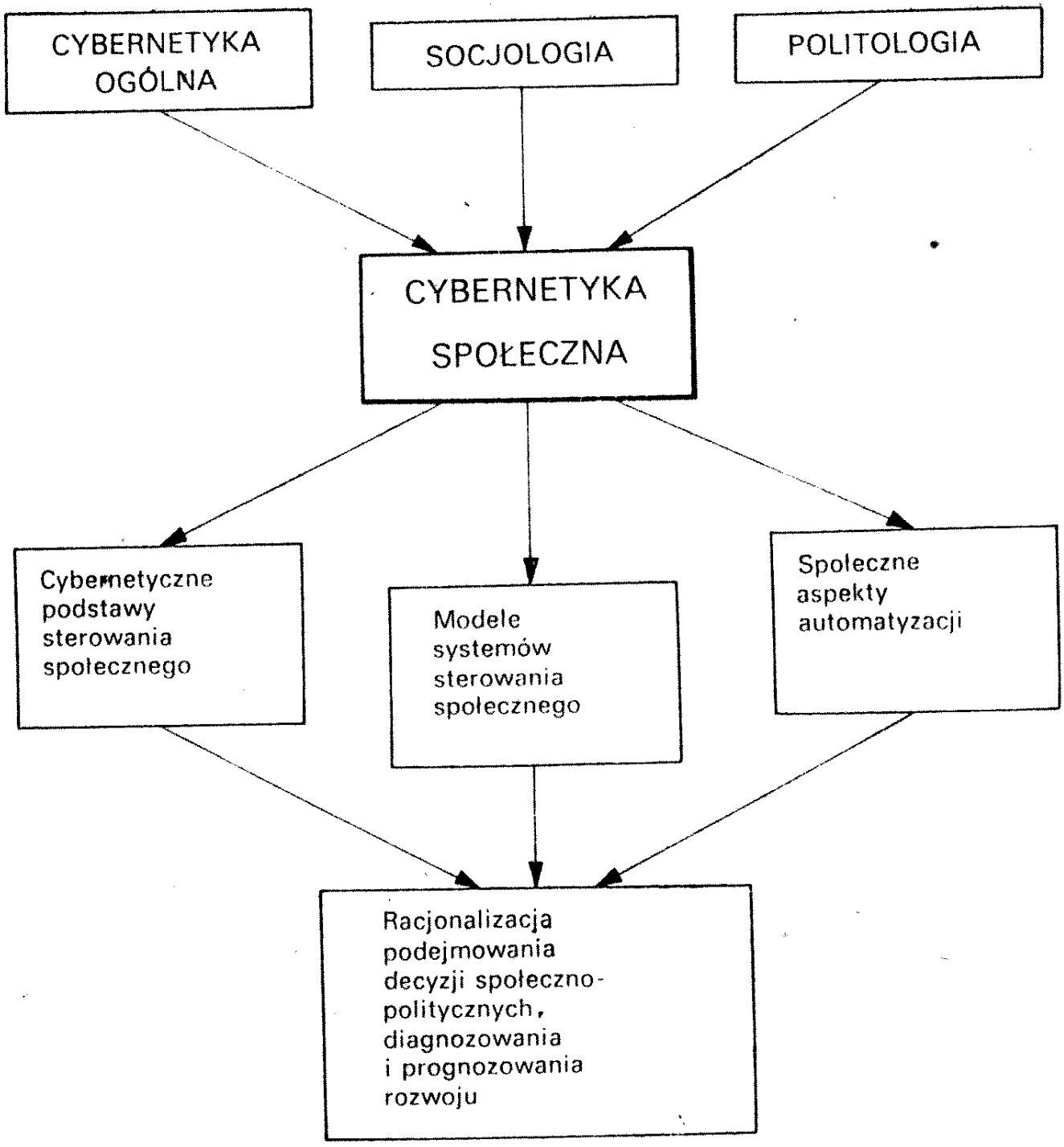
Rewolucja naukowo-techniczna, będąc procesem wywołującym wielostronne skutki, oddziałuje na formy organizacyjne, w jakich społeczeństwo działa. Wywiera także wpływ na całokształt procesów informacyjno-decyzyjnych realizowanych w danym społeczeństwie. Wpływ ten przejawia się w zmianach struktur systemów kierowania, stylów, metod i technik oddziaływania na procesy itp. Zjawisko to obejmuje przede wszystkim zmiany w systemach zarządzania gospodarką. A wyrazem tych zmian mogą być niektóre mechanizmy realizowanej obecnie w Polsce reformy gospodarczej oraz poszukiwanie nowych struktur organizacyjnych i mechanizmów sterowania ekonomicznego w różnych państwach, na Wschodzie i Zachodzie. Dążenie do stworzenia „nowego ładu ekonomicznego" jest poszukiwaniem „Golema ekonomicznego", tj. takiego modelu gospodarki, który zapewniłby pożądany stopień zaspokojenia potrzeb społecznych. Na razie takiego modelu brak, a raczej jest ich wiele. I wiele jeszcze czeka pracy nad ich doskonaleniem.

Podobny stan wiedzy obiektywnej istnieje w badaniach socjologocznych. Nie budzi już kontrowersji często wypowiadana opinia, że prawie dwa wieki istnienia socjologi nie zgromadziły wiedzy, która tym, którzy ją posiedli, pozwoliłaby na formułowanie bardziej autorytatywnych wypowiedzi w kwes-

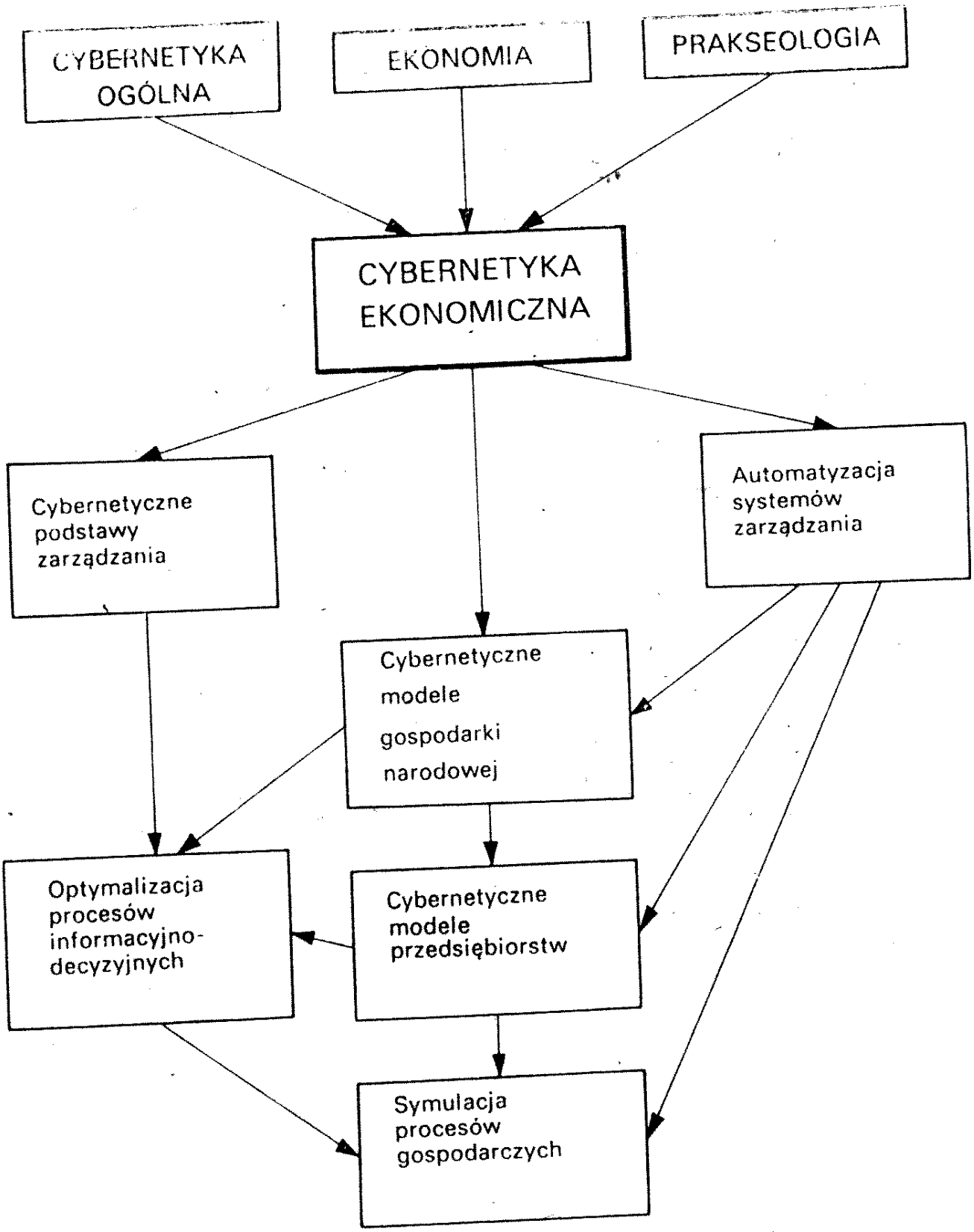
tiach społecznych niż tym, którzy z nią się nigdy nie zetknęli.

Nie może zatem budzić zdziwienia to, że tak wielkie nadzieje na wzrost skuteczności wpływu nauki na przebieg procesów społeczno-ekonomicznych wiązane były z cybernetyką i badaniami systemowymi. Niestety, należy przyznać, że skutki wpływu cybernetyki ekonomicznej i społecznej na praktykę społeczno-ekonomiczną nie są dostrzegalne, aczkolwiek istnieją przykłady rozwiązań, które można uważać za obiecujące.

Z problemów badawczych najwyższą rangę należy przyznać badaniom nad homeostazą społeczną, w kontekście badań nad organizacją. Szczególnie interesujące wydają się być poglądy Mariana Mazura. Homeostaza, przypomnijmy, jest zdolnością utrzymywania równowagi funkcjonalnej przez zespół sprzężonych ze sobą regulatorów. Taką zdolnością wyróżniają się zarówno społeczeństwa, jak i grupy. Role regulatorów spełniają w obu przypadkach ludzie. W społeczeństwie występują częste sytuacje, gdy zachodzi sprzeczność między interesem społeczeństwa a interesem jego członków. Sprzeczności te mogą być rozwiązywane na drodze niejako naturalnej, zgodnie z właściwościami homeostatycznymi, lecz mogą być rozwiązywane przez organizację, a więc pewien system rozkazów i wymuszania ich wykonania. Określenie pewnego zakresu „kompetencji" pomiędzy homeostazą społeczną a organizacją jest wielce złożonym problemem, którego rozwiązanie skłania bądź do mechanizmów liberalnych i demokratycznych, bądź represyjnych, mogących prowadzić do systemów totalitarnych. Istnieje jeszcze jeden interesujący aspekt praktyczny, a mianowicie organizacja „kosztuje", wymaga niebagatelnych nakładów społecznych, gdy homeostaza jest „darmowa". Oczywiście na pewnym etapie rozwoju



Struktura cybernetyki społecznej



Struktura cybernetyki ekonomicznej

społecznego poleganie na naturalnym niejako rozwiązywaniu problemów społecznych stało się po prostu nieskuteczne. Musiała pojawić się organizacja, systemy sterowania społeczno-ekonomicznego, konieczność rozbudowy administracji, konieczność planowania, zarówno w makro-, jak i mikroskali. W prawidłowo rozwijających się systemach organizacja musi pozostawać w zgodzie z homeostazą społeczną. Jest to jeden z wniosków płynących z analizy cybernetyczno-systemowej.

M. Mazur, rozpatrując homeostazę całego społeczeństwa i homeostazę grupy społecznej oraz prawo jako zespół zasad organizacyjnych rozpatruje pięć sytuacji społecznych, z których cztery mają charakter patologiczny:

1) Homeostaza społeczeństwa (HS) i homeostaza grupy (HG) są zgodne z sobą i prawem (P), czyli interes grupy jest taki sam jak interes całego społeczeństwa i pozostaje w granicach prawa. Jest to stan praworządności.

2) HS i HG są zgodne z sobą, ale niezgodne z prawem, co oznacza, że prawo jest „nieżyciowe".

3) HS jest zgodna z P ale niezgodna z HG, co oznacza, że mamy do czynienia z grupą przestępczą.

4) HG jest zgodna z P, ale niezgodna z HS, a to oznacza, że mamy do czynienia z „kliką rządzącą".

5) HS i HG są niezgodne z sobą, a ponadto każda z nich jest niezgodna z P, czyli prawo nie znajduje oparcia u nikogo. Stan ten można określić jako anarchię.

Do patologii społecznej należy także zaliczyć dążenie organizacji do niszczenia homeostazy społecznej przez atakowanie sprzężeń międzyludzkich. I znów z analizy cybernetycznej wynika, że środki ujarzmiania ludzi mogą być następujące:

a) ograniczanie: wiadomości, wypowiedzi i decyzji, konsumpcji oraz działalności;

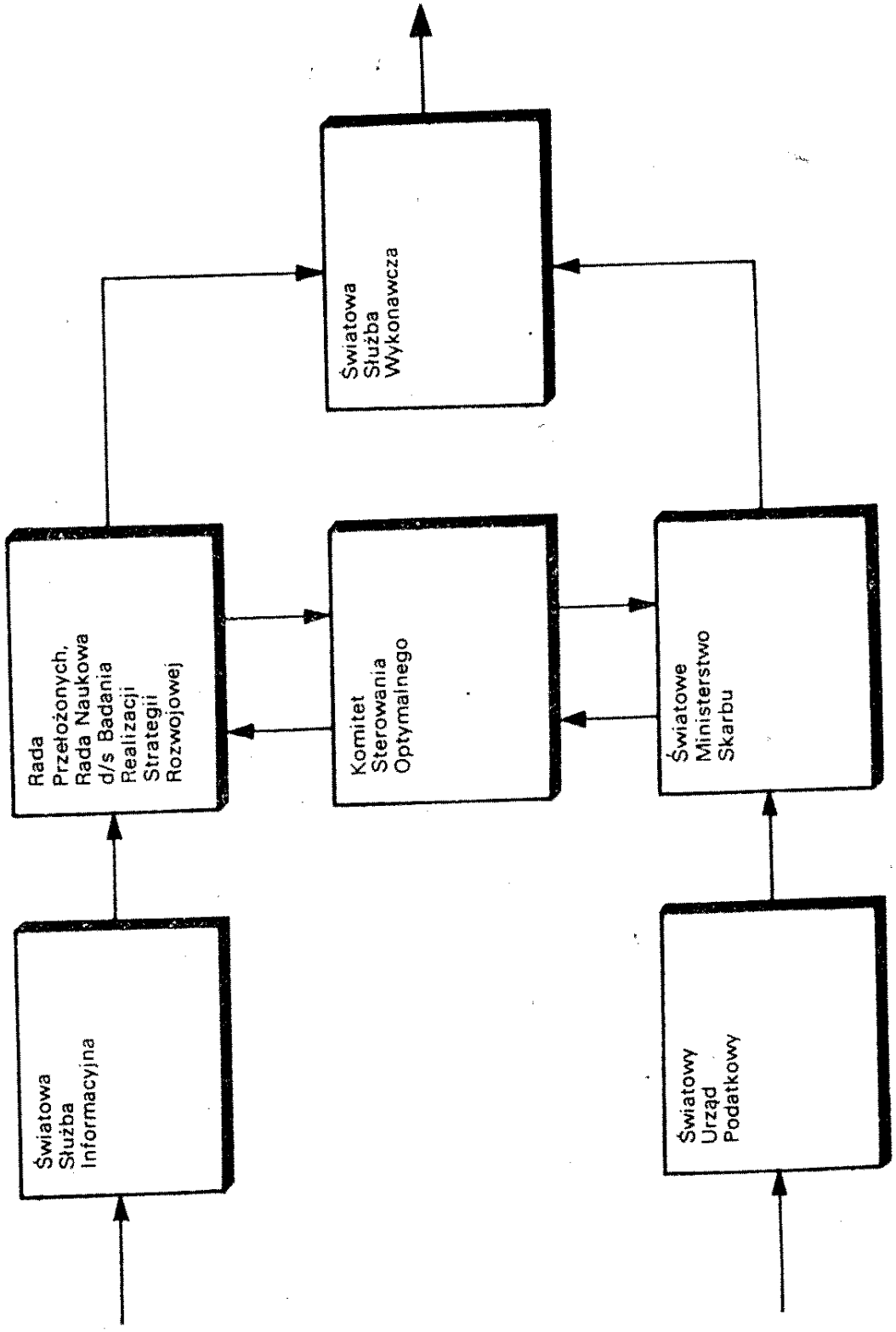
b) wmuszanie nie chcianych wiadomości i nie chcianej konsumpcji oraz wymuszanie nie chcianych wypowiedzi i decyzji, a także nie chcianej działalności.

Interesująco koncepcje Mariana Mazura rozwija w Polsce Józef Kossecki (np. w monografii pt. „Cybernetyka społeczna"). Do niego należy np. typologia systemów sterowania społecznego, cybernetyczna analiza walki politycznej oraz cybernetyczny model społecznego oddziaływania propagandy. Badania prowadzone w tym nurcie rokują znaczne nadzieje, pod warunkiem opracowania matematycznych modeli sterowania społecznego, pozwalających na obiektywną diagnozę społeczną oraz prognozowanie rozwoju społecznego. Te ostatnie powstają w ramach tzw. modelowania globalnego, nowej dziedziny badań prognostycznych, która mogła powstać, i rozwijać się tylko dzięki postępowi w dziedzinie technik modelowania i techniki komputerowej. Przy okazji zwróćmy uwagę na to, że w znanym cybernetycznym modelu ładu światowego opracowanym przez filozofa i amerykańskiego socjologa pochodzenia węgierskiego, Ervina Laszlo, znalazł zastosowanie model systemu autonomicznego Mariana Mazura. I, o ile wiadomo autorowi niniejszej książki, w pracy Laszlo nie można znaleźć danych dotyczących autorstwa tego modelu. Jest to być może przykre, ale odnotować warto fakt empirycznej weryfikacji modelu Mazura za Oceanem. W modelu Laszlo — Mazura szczególna rola przypada projektowi homeostatu światowego, którego zadaniem jest zapewnienie „optymalnych warunków zaspokojenia potrzeb całej społeczności ludzkiej". Oto poszczególne elementy tego modelu:

Receptor — Światowy Urząd Podatkowy,

Akumulator — Światowe Ministerstwo Skarbu,

Efektor — Światowa Służba Wykonawcza,
Sensor — Światowa Służba Informacyjna
Korelator — Rada Przełożonych oraz Rada Naukowa ds. Badania Realizacji Strategii Rozwojowej,
Homeostat — Komitet Sterowania Optymalnego.



Cybernetyczny model ładu światowego według Ervina Laszlo

Model Laszlo ma charakter cokolwiek „platoński" i może stanowić przykład pewnej utopii pozytywnej, cybernetycznej i, być może, szlachetnej w swych założeniach. Jest to jednak nieco inna strona tego niewątpliwie interesującego cybernetycznego modelu ładu światowego (może — ładu cybernetycznego?) wszak opartego i na modelu systemu autonomicznego i na idei sterowania optymalnego.

Gdybym miał wskazać kogoś z żyjących jako na „ojca" cybernetyki społecznej, to bez wahania wskazałbym Stanisława Lema. W 1957 roku ukazało się pierwsze wydanie „Dialogów". We wstępie do wydania drugiego (1971) czytamy: „Książka ta, napisana w latach 1954—56, wydana w roku 1957, a wynikła z urzeczenia cybernetyką, jest w warstwie faktów miejscami anachroniczna, a w zakresie przewidywań w niej zawartych już to sfalsyfikowana, już to skorygowana samym upływem czasu, jaki minął od jej powstania". Pomimo tego zastrzeżenia autora, książka również i dziś powinna budzić zainteresowanie, ze względu na wyjątkową wprost trafność zawartych w niej sądów, co pozytywnie ją wyróżnia na tle ówczesnej literatury poświęconej systemom kierowania społecznego, nie w ogóle, lecz systemom konkretnym. Szczególnie interesujące wydają się być rozważania na temat sprzężeń zwrotnych w kapitalizmie i socjalizmie, a także pięknej Lemowskiej idei „wzmacniacza intelektu". Z punktu widzenia rozważań socjocybernetycznych uwagę zwraca rozdział zatytułowany „Cybernetyka stosowana: przykład z dziedziny socjologii", który zaczyna się następującymi zdaniami: „Nie ma dotąd podręcznika patologii zarządzania socjalistycznego. Magia przekonań uznawała wykład takiej patologii za młot na socjalizm. Podług analogicznego rozumowania, tylko wrogom socjalizmu przypisującego chęć stworzenia takiego podręcznika,

kliniczna patologia w medycynie jest dziełem wrogów zdrowia, a jej podręcznik może służyć tylko kandydatom na skrytobójców. Tymczasem sporządzić plan ustrojowego uspołecznienia narzędzi wytwórczych — to jedno, a opracować szczegółowo optymalną dynamikę zarządzania uspołecznionymi dobrami — to drugie, i nie ma więzi dedukcyjnej pomiędzy oboma członami tej procedury; tak samo ogólna teoria lotu nie jest przesłanką dedukcyjną konstruowania samolotów. A mianowicie, ponieważ podstawowe założenia socjalizmu, podobnie jak podstawowe dane teorii lotu, pozostają w zasadzie niezmienne, podczas kiedy modele zarządzań i samolotów muszą w zmieniających się warunkach cywilizacyjnych ulegać przekształceniom. Opory stawiane ścisłemu zbadaniu niedomagań nowego systemu doprowadziły do wyniknięcia w nim niedomagań, jakim wyrywkowo poświęcona jest niniejsza książka. Chodzi o zjawiska znane z teorii regulacji właśnie w obrębie przebiegów patologicznych, albowiem układy homeostatyczne, jak ustrój społeczny lub żywy, nie ulegają po prostu zniszczeniu, kiedy zbaczają z optymalnej trajektorii procesów, lecz działają nadal, wykazując odchylenia regulacji, mające charakter błędnego koła lub eskalacji zakłóceń. Błędne koło jest sprzężeniem zwrotnym, które stan patologiczny utrwala i podtrzymuje, eskalacja zaś jest objawem „zaraźliwości" powstałych odchyleń, które z podukładów pierwotnie dotkniętych przechodzą stopniowo na inne, z tamtymi sprzężone".

Ten zapewne przydługi cytat dobrze zapowiada treść tej pasjonującej lektury i dobrze charakteryzuje styl rozważań socjocybernetycznych Lema. Życie dopisało ciąg dalszy, tzn. przyniosło wiele innych przykładów ilustrujących naruszanie zasad cybernetyki w systemach społeczno-ekonomicznych. Ale może powstać wątpliwość, czy jest sens zajmowania się patologią

kierowania i czy w tym tkwi sens badań socjo- i ekonocybernetycznych? Jestem głęboko przekonany, że tak, gdyż tylko w ten sposób można uniknąć popełnionych wcześniej błędów. Jest jeszcze jeden sposób, a mianowicie — wcześniejsza symulacja komputerowa działania systemów sterowania społecznego w różnych warunkach dynamicznie zmieniającego się otoczenia, a zwłaszcza w warunkach systemowych sytuacji krytycznych. Do takich sytuacji zaliczymy:

a) zagrożenia, czyli sytuacje, w których system znajduje się pod wpływem oddziaływań powodujących zwiększone prawdopodobieństwo naruszenia wartości podstawowych cech systemowych (stabilności, spójności, adaptacyjności itp.);

b) konflikty, czyli sytuacje, będące rezultatem znajdowania się systemu w polu działania przeciwstawnych sił (np. konflikty organizacyjne jako rezultat sprzeczności między celami indywidualnymi bądź grupowymi a celami organizacji, czyli między HS a HG itp.);

c) kryzysy, czyli sytuacje, w których zmiany wewnętrzne w systemie (strukturalne, funkcjonalne, rozwojowe) powstałe pod wpływem oddziaływań zewnętrznych prowadzą do dezorganizacji działania systemu, czego system, bez pomocy z otoczenia, nie jest w stanie pokonać.

Powyżej został sformułowany pewien postulat badawczy. Jego realizacja wymaga podjęcia złożonych badań interdyscyplinarnych, lecz po prostu „gra jest warta świeczki". Zarówno w Związku Radzieckim, jak i Stanach Zjednoczonych dawno już doceniono znaczenie tego typu badań. Cybernetyka w ZSRR uzyskała rangę dyscypliny twórczo wspierającej prace nad doskonaleniem systemów sterowania społeczno-ekonomicznego, których celem jest wzrost efektywności działania.

W wielu rozważaniach spotkać się można z pytaniem o miejsce i rolę jednostki ludzkiej w tym „cybernetycznym świecie". Czy cybernetyzacja systemów sterowania społecznego nie ograniczy wolności człowieka, zahamuje jego naturalne dążenia i pragnienia, czy zostanie zachowane poczucie godności osobistej i czy człowiek obroni własny system wartości? Są to problemy moralne, które wynikają często z głębokiej troski o humanistyczne oblicze naszej cywilizacji. Stają się przedmiotem wielu kreacji artystycznych, negatywnych utopii i wizji fantastycznonaukowych. Wystarczy wymienić w tym miejscu i „1984" Orwella, i „Nowy wspaniały świat" Huxleya, i „Pianolę" Vonneguta. W ostatniej z wymienionych powieści, której akcja toczy się po zakończeniu „drugiej rewolucji przemysłowej", maszyny zastąpiły człowieka nie tylko w pracy fizycznej i zrutynizowanej pracy umysłowej, ale także w zarządzaniu, decydowaniu o losie jednostki i przyszłości społeczeństwa.

Przestrzeganie przed zagrożeniami humanistycznego oblicza cywilizacji jest nie tylko prawem, ale i obowiązkiem intelektualistów. Wiele jednak z tych przestróg formułowanych jest nieco „na wyrost". Słusznie uważa Mario Bunge, że znaczna część wspomnianej wyżej literatury zawiera jedynie „romantyczne biadolenia" nad rzekomymi złymi stronami techniki, twierdząc że: „...Nużące tyrady o tym, jak to Technika dehumanizuje Człowieka lub odbiera mu autentyczność — to nie jest filozofia tylko kiepska literatura". [17]

Może lepiej byłoby zwrócić uwagę na fakt istnienia na świecie setek milionów żołnierzy, a zaledwie w przybliżeniu miliona lekarzy. Kryzys etyczny wy-

---

17) M. Bunge: Pięć związków technofilozofii. (w:) Projektowanie i systemy. Zagadnienia metodologiczne. T. III, Warszawa 1981.

raża się nie tylko odchyleniami od normy w stosunkach międzyludzkich, lecz w dużej mierze jest wynikiem patologii, która w skali światowej wyraża się ludobójczymi wojnami, terroryzmem, nazizmem, faszyzmem itp.

W amerykańskiej publicystyce można spotkać pogląd, że „dziś jedynym miejscem w mieście, w którym człowiek i przyroda są w ścisłej harmonii jest cmentarz" oraz, że „amerykańska schizofrenia" rodzi się z przeciwstawiania przyrody i cywilizacji, powodującego sentymentalne tęsknoty do prymitywu lub zarozumiały entuzjazm dla nieludzkiej techniki.

W świetle powyższych uwag nie wydaje się, aby zło, jakie może spotkać naszą cywilizację mogło być rezultatem „cybernetyzacji" systemów kierowania społecznego.

Równie dobrze można przyjąć „wariant optymistyczny", a mianowicie: efektywność kierowania, która powinna być skutkiem owej „cybernetyzacji", przyniesie lepsze niż dotychczas wykorzystanie zasobów naturalnych, skuteczniejszą ochronę środowiska, pełniejsze zaspokojenie wszelkich potrzeb ludzkich.

Gdybyśmy wątpili w realność tego optymistycznego wariantu, to z pewnością pisanie o cybernetyce i cybernetykach należałoby uznać za zamierzenie ze wszech miar chybione.

Mówiąc o metodach badania systemów społecznych, warto zwrócić uwagę na tzw. dynamikę systemów opracowaną przez Jay'a Forrestera z MIT. Modele opracowane za pomocą tej metody przedstawiają zachowania się organizacji w postaci interakcji zmiennych w czasie przepływów, które obejmują całość środków organizacji (ludzie, zasoby materialne, finanse, zlecenia, inwestycje, informacje). Cechą takiego modelu jest to, że tworzy on sieć wzajemnie powiązanych pętli sprzężeń zwrotnych. W MIT opraco-

wany model jest podstawą do badania sił wpływających na inflancję, zatrudnienie, kryzys energetyczny, stopę wydatków zagranicznych, możliwości społeczeństwa i na politykę podatkową. Może on być wykorzystywany do określenia racjonalnej polityki społecznej i ekonomicznej.

Inną interesującą koncepcję przedstawił Stafford Beer w postaci tzw. „mózgu przedsiębiorstwa". Jest to cybernetyczny model organizacji o hierarchicznym sterowaniu z autonomią i lokalną homeostazą. Wykorzystano w nim analogie do ludzkiego mózgu. Jest to także próba uzyskania odpowiedzi na pytanie: „Jak można utrzymać dany proces jako sterowany tak, żeby z jednej strony można było zapobiec odchyleniom niedopuszczalnym, a z drugiej strony dokonać reaktywnych adaptacji w stosunku do zdarzeń, które już nastąpiły?" Odpowiedź na to pytanie może mieć fundamentalne znaczenie dla rozwoju cybernetyki społecznej i ekonomicznej. Już dziś nauki społeczne muszą sprostać nowym „wyzwaniom" rzeczywistości społeczno-ekonomicznej, jeżeli oczywiście nie chcą swych metod stosować do wyjaśniania „dlaczego stało się tak, jak się stało i... dlaczego tego nie przewidziano". Chcąc nie chcąc muszą sięgać do modeli cybernetyczno-systemowych oraz cybernetycznych praw sterowania rozwojem.

Na niektóre tylko zjawiska zwraca uwagę Alvin Toffler: „Analiza systemów uczy, że ostre wahania bywają zapowiedzią zbliżającego się załamania. Wahania ogarnęły prawie wszystkie sfery życia społecznego. Rezultatem są fale awarii i zaburzeń — usługi pocztowe, służba zdrowia, ruch drogowy, policja i służby sanitarne zamiast działać sprawnie, z przewidywalnością niezbędną dla funkcjonowania systemu przemysłowego, wstrząsane są epileptycznymi drgawkami. Złożoność systemów i ich współzależności zwię-

kszają jeszcze prawdopodobieństwo wielkiej katastrofy (...), rozrastanie się wielkich systemów do rozmiarów krytycznych, wykluczających stabilność, oraz nieopłacalnych doprowadzi do załamania równie gwałtownego, jak poprzedzająca je ekspansja. Należy się spodziewać, że temu załamaniu towarzyszyć będą różne katastroficzne wydarzenia". Autor wyobraża sobie serię albo zbieg kryzysów doprowadzających do całkowitej katastrofy. Coś jak wielkie zaciemnienie 1965 roku, kiedy zgasły wszystkie światła, od Nowego Jorku po Kanadę, któremu towarzyszyła gehenna nagłych i niespodziewanych awarii w dopływie wody sieci telefonicznej itp. Zabrakłoby benzyny i wszystkie drogi zablokowane byłyby stojącymi autami. Odcięty zostałby dostęp do wody i żywności, pozbawione wody, tlenu i prądu szpitale przestałyby spełniać swoje funkcje. Zgasłyby radia i telewizory. Vacca przepowiada śmierć dziesiątków milionów ludzi — nie w Bangladeszu i nie w Indiach, lecz właśnie w wysoko rozwiniętych krajach, tam gdzie zależność od sprawnego funkcjonowania tych systemów jest całkowita. [18]

W dotychczasowych rozważaniach pomijaliśmy zagadnienia dotyczące systemów informacyjnych, a w szczególności: systemów informowania kierownictwa politycznego i gospodarczego oraz systemy wczesnego ostrzegania przed systemowymi sytuacjami krytycznymi. Pojawiają się one w innych rozdziałach książki.

Sens rozwoju systemów informacyjnych trafnie charakteryzuje, zmarły kilka lat temu, wybitny radziecki cybernetyk Wiktor Głuszkow. „Aby produkować — na każdym etapie rozwoju ludzkości — trzeba było posługiwać się informacją. Najpierw jeden mózg

18) A. Toffler: Ekospazm. Warszawa 1977.

potrafił przetworzyć wszystkie niezbędne informacje i skutecznie kierować zespołem robotników, powiedzmy w manufakturze. Ale już do kierowania złożonego organizmu, jakim była np. armia Czyngis-chana, nie wystarczył jeden człowiek, powstał cały aparat zarządzający, drabina hierarchiczna dowodzenia. Wraz z rozwojem ludzkości — szybciej niż środki techniczne — wzrasta ilość informacji, która nie przetworzona w porę stwarza bariery nie do pokonania w dalszym rozwoju społecznym".

Kończąc rozważania socjo- i ekonocybernetyczne, które w istocie dotyczą „tajników kierowania", przy czym cybernetyk nie ma najmniejszych wątpliwości, że nie o żadne „tajniki" tu chodzi, demaskowanie spisków i mafii (jest to zadanie dla kogoś innego), lecz po prostu o obiektywne prawa, wynikające z ogólnych zasad cybernetyki — sformułujemy kilka „paradoksów" systemów kierowania. Niektóre z nich stanowią pewną parafrazę paradoksów sformułowanych przez S. Lema w „Rozprawach i szkicach", a dotyczących przewidywania rozwoju.

1) „Paradoks Diora", wyrażający się w tym, że pewien nacisk „stadności", a więc np. mody cybernetyczno-systemowej spycha naukowe badanie rzeczywistości na pozycję pewnego rytuału, a więc pozornego działania.

2) „Paradoks Titanica" — jako skutek zadufania, ulegania złudzeniu „absolutnego bezpieczeństwa" systemu („co złe, to nie może przytrafić się nam"), powodujący niedostrzeganie realnych niebezpieczeństw (zagrożeń, konfliktów, zagrożeń).

3) „Paradoks Archimedesa", czyli poszukiwanie oparcia dla myśli (decyzji) w sytuacjach nowych, do których system nie był przygotowany (rozpaczliwe szukanie wskazań w przeszłości).

4) „Paradoks Katona", gdy „destrukcja zostaje opa-

trzona godnością szlachetnej racji" (np. sprawność działania ze środka do celu sama staje się celem).

5) „Paradoks Dinozaura", charakteryzujący się utratą mechanizmów adaptacyjnych i złudzeniem braku zmian w otoczeniu systemu.

6) „Paradoks Mykeńskiej Biurokracji", gdy celem wewnętrznym systemu staje się: spisywać i kontrolować!, co powoduje że kierownictwo staje się „samowystarczalne", będąc zbędnym „balastem" dla organizacji.

7) „Paradoks Państwa Inków", gdy doskonałość systemu informacyjnego przy absolutnym braku swobody decyzyjnej w organizacji powoduje, że najmniejsze zakłócenie zewnętrzne może doprowadzić system do katastrofy.

8) „Paradoks Clarke'a", który mówi, że każda postępowa technologia jest nie do odróżnienia od magii.

Ostatni z paradoksów być może wyjaśnia rezerwę, z jaką przyjmowane są koncepcje cybernetyczno-systemowe, zwłaszcza w sferze działań społeczno-ekonomicznych. Nie wyjaśniają one jednak, dlaczego tak chętnie w rozwiązywaniu systemowych problemów społeczno-ekonomicznych wielu ludzi woli sięgać do arsenału „wypróbowanych" metod, technik i ocen, wywodzących się z myślenia magicznego, opartych na emocjach, sentymentach i resentymentach. Cybernetyka z pewnością nie wyjaśni, dlaczego tak popularne są postawy jak: chciejstwo zamiast realnej oceny zjawisk, mitomania i megalomania, nihilizm, „nawiedzenie" (przyjmowanie skrajnych i egzaltowanych postaw), manifestowanie przeróżnych kompleksów i frustracji itp., które zastępują działania racjonalne sprzyjające rozwojowi systemów społecznych. Ale jest to ta „druga strona" systemów społecznych, z którą jak dotąd, nie tylko cybernetyka nie może sobie poradzić. Taka jest rzeczywistość i należy ją po prostu

zgłębić, zamiast opierać się na złudnych, idealizujących założeniach i do nich dobierać np. metody sterowania społecznego. Trzeba uczyć się wykorzystywania znajomości irracjonalnych zjawisk społecznych dla celów racjonalnych. A wtedy modele cybernetyczne mogą okazać się nawet lepsze od tradycyjnych sposobów rządzenia, zarządzania, kierowania.

Golem XIV Lema nie miał wątpliwości, że „ocalić ludzi można zmieniając ich, a nie świat".

IX. Tajemnice organizmu, czyli o biocybernetyce

„Gdy poznać i opisać chce się coś żywego,
To naprzód trzeba ducha wygnać z niego,
A wnet się części w ręku trzyma,
Tylko niestety ducha łączni nie ma".

(Johann Wolfgang Goethe)

Funkcjonowanie przyrody żywej, organizmu ludzkiego i jego podstawowych układów, a zwłaszcza mózgu i układu nerwowego stanowią niedościgły wzór dla nauki i techniki. Wiele osiągnięć technicznych jest wynikiem śmiałej analogii do „rozwiązań" uzyskanych przez przyrodę. Cybernetycy konstruujący modele systemów sterowania zazdrośnie obserwowali działanie mózgu ludzkiego i układu nerwowego. Konstruktorzy różnych automatów, robotów, starali się tworzyć je na „wzór i podobieństwo" poszczególnych układów człowieka. Z drugiej strony te najdoskonalsze „systemy autonomiczne", jakimi są ludzie dalekie są od „absolutnej" doskonałości. Ludzi trapią różne choroby. Niektóre z nich, a także nieszczęśliwe wypadki losowe, powodują, że ludzie wymagają zastosowania pewnych sztucznych organów, niekiedy lepszych od tych, które uległy schorzeniom. Człowiekowi coraz częściej, niestety, potrzebne są „części zamienne". Transplantacja stała się od dawna faktem i nadal wzbudza wielkie zainteresowanie na całym świecie. Wreszcie, mimo że średnia wieku ludzi wzrasta, człowiek marzy o długowieczności.

Pojawia się zatem fundamentalne pytanie: czym jest życie? Nie uzyskamy zapewne zadowalającej odpowiedzi na nie, gdyż dotychczas brak takiej, a w każdym razie powszechnie akceptowanej i zadowalającej. Przytoczymy tylko te, które mogły powstać prawdopodobnie jedynie na gruncie cybernetyki. Życie można scharakteryzować jako wysoce stabilny stan substancji, w którym przy wypracowaniu reakcji zachowawczych następuje wykorzystanie informacji kodowanej przez stany pojedynczych cząsteczek. Istota życia polega, po prostu, na walce z entropią. [19]

Z punktu widzenia cybernetyki najbardziej interesującą cechą organizmów żywych jest to, co Claude Bernard w 1857 roku określił następująco: „Wszystkie żywe istoty, jakkolwiek różniłyby się między sobą, mają w końcu jedną cechę wspólną, potrafią zachować stałość warunków w swoim wewnętrznym środowisku". Zachowanie stałości tych warunków w organizmie, tj. utrzymanie homeostazy, jest możliwe dzięki niezwykle dynamicznej grze, jaką nieustannie prowadzi „biochemiczna maszyneria" człowieka z agresywnym światem zewnętrznym. Prof. Ryszard Gryglewski uważa, że choroba pojawia się wówczas, gdy w tej grze przegrywa nasz organizm i dochodzi do zachwiania homeostazy, tj. świat zewnętrzny wdziera się do naszego „biologicznego wnętrza". Wówczas do walki, jaką prowadzi chory ustrój o powrót homeostazy i wywinięcie się śmierci, włączają się różnego rodzaju „zapasowe" mechanizmy biologiczne. Jeśli potrafią one doprowadzić do zachowania homeostazy, organizm powraca do zdrowia. Jeśli nie — następuje jego śmierć. [20]

Ale jak zbudowany jest homeostat, czyli układ

---

[19] Zobacz: O istocie życia KiW, Warszawa 1967.

[20] R. Kałuża: Nie przechytrzać natury. Warszawa 1978

realizujący homeostazę? Jak realizowane są procesy regulacji i sterowania w organizmie? To pytania, na które odpowiedzi poszukuje także cybernetyka, a dokładniej jeden z jej działów — biocybernetyka. Posługuje się przy tym swoistymi metodami cybernetyki, przede wszystkim modelowaniem. Jednym z pierwszych konstruktorów homeostatu był W. Ross Ashby. Teoretyczny model homeostatu jako podsystemu systemu autónomicznego opracował M. Mazur. Do pełnego poznania jego tajemnic wydaje się być jeszcze daleko.

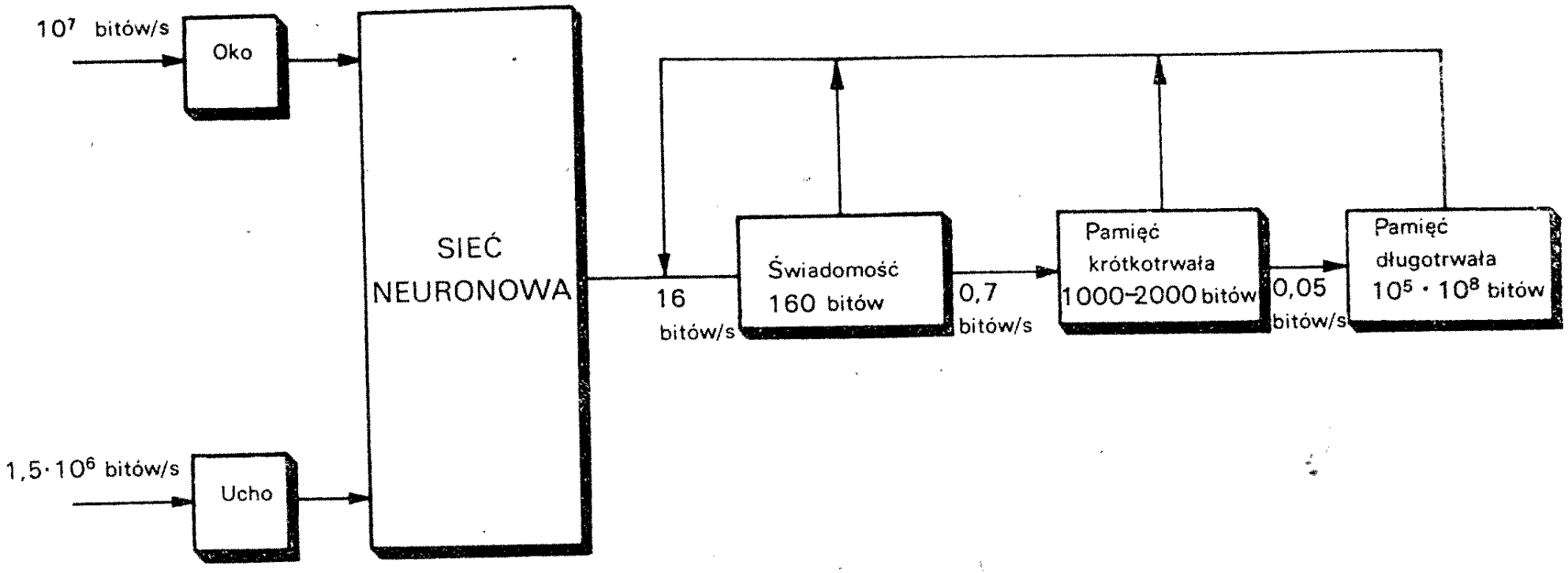
Biocybernetyka jest nauką zajmującą się badaniem swoistych dla żywych organizmów ogólnych zasad i konkretnych mechanizmów celowej samoregulacji oraz wzajemnego oddziaływania ze środowiskiem. Biocybernetyka nie zajmuje się, co jest zrozumiałe, formami materii i jej przemianą w organizmach żywych, lecz bazuje na tym, co stworzyła biologia, biofizyka, biochemia itp. Zajmując się organizmami żywymi i ich narządami ma wiele wspólnego z biologią i medycyną, ale ma także wiele wspólnego z matematyką i informatyką. Badając organizmy żywe, biocybernetyka znajduje w nich inspirację techniczną, dzięki czemu zmierza do wykorzystania tych doświadczeń w zakresie konstruowania nowych technicznych urządzeń sterujących i przetwarzających informacje. Biocybernetycy uważają, że uprawiana przez nich dziedzina jest jedną z najstarszych dziedzin wiedzy, albowiem naśladowanie w technice zjawisk i struktur biologicznych jest tak stare jak cywilizacja. Naśladowanie przyrody jest racjonalne tak długo, jak długo techniczne konstrukcje człowieka nie staną się doskonalsze niż te, które były niegdyś ich inspiracją (np. samoloty).

Poprzedniczka biocybernetyki, zwana bioniką, była określana jako nauka wykorzystująca zasady budowy

i działania organizmów żywych w różnych działach techniki. Bionika ma ściśle jednokierunkowe zadanie, wytyczające drogę od biologii do techniki, natomiast biocybernetyka stawia sobie zadania dwukierunkowe.

Rozwiązania biologiczne są tak dobrane w toku ewolucji, aby mogły spełniać wiele funkcji w stopniu pożądanym z wielu punktów widzenia — celów, takich jak: zachowanie bytu jednostkowego, zachowanie gatunku itp. Współczesna technika nie daje podstaw teoretycznych dla konstrukcji urządzeń zaspokajających powyższe potrzeby.

Według danych neurofizjologicznych w mózgowiu znajduje się 10^{13} synaps, czyli miejsc analogicznych do złączy, pozwalających na przejście sygnału lub nie. 25 lat temu komputer o pojemności pamięci porównywalnej z mózgowiem byłby wielkości wzgórza o wysokości 500 metrów. Obecnie przewiduje się, że pod koniec XX wieku komputer posiadać będzie pojemność odpowiadającą pojemności 16 000 mózgów ludzkich, czyli równą populacji dużego ośrodka uniwersyteckiego. Sądzi się także, że w ciągu 100 lat uda się zsyntetyzować biologiczne kryształy analogiczne do DNA, kwasu dezoksyrybonukleinowego, nośnika pamięci genetycznej (łańcuch DNA zawiera informację odpowiadającą 10^{10} bitów), które zostaną wykorzystane do konstrukcji pamięci komputerowych. Obecnie pamięć człowieka różni się od pamięci komputerów nie tylko pojemnością, lecz organizacją (system asocjacji i związków semantycznych). System nerwowy nadal imponuje niezawodnością działania, chociaż codziennie ginie w mózgu zdrowego człowieka kilka tysięcy neuronów. Intrygująca dla techniki jest odpowiedź na pytanie — dlaczego mózg jest więc w stanie funkcjonować niezawodnie przez długie lata? Niekiedy porównuje się pojedynczy neuron z minikomputerem.



Model przesyłania informacji z receptorów do mózgu

Dla cybernetyków szczególnie interesujące są następujące cechy systemu nerwowego:

— możliwości przetwarzania wielkiej ilości informacji docierających z otoczenia poprzez receptory, przy czym ze strumienia szacowanego na 10^7 bitów/s do poziomu świadomości dociera zaledwie kilkanaście do kilkudziesięciu bitów na sekundę,

— szeroki zakres adaptacji układu,

— różnorodne formy uczenia się,

— możność szybkiego powzięcia decyzji bliskich decyzjom optymalnym,

— niezawodność znacznie większa od niezawodności poszczególnych elementów, przy czym nie jest ona uzyskana drogą zwykłego dublowania elementów.

Z powyższych powodów od początku istnienia cybernetyki podejmowano próby stworzenia zadowalającego modelu mózgu i systemu nerwowego. Próby takie podejmowali m.in. W. McCulloch i J. von Naumann. Bezbłędne funkcjonowanie systemu nerwowego mimo błędów popełnianych przez poszczególne neurony zwracało uwagę von Neumanna. Opracował on modele konstrukcji niezawodnych automatów z zawodnych elementów. Jego rozwiązanie nie przypomina jednak konstrukcji struktury biologicznej, gdyż wprowadza redundację (nadmiar) wysokiego stopnia Z kolei W. McCulloch pisał: „Jeśli chodzi o pytanie teoretyczne, czy można skonstruować maszynę zdolną do wykonywania wszystkich czynności mózgu, odpowiem następująco: jeśli możecie podać dokładnie, co robi mózg z informacją, będziemy w stanie wyprodukować maszynę, która wykona to samo". [21] Od tego czasu minęło tylko 30 lat.

---

[21] M.A. Arbib: Mózg i jego modele. PWN, Warszawa 1977. J. von Neumann: Maszyna matematyczna i mózg ludzki. PWN, Warszawa 1963.

Badanie własności systemu nerwowego ma znaczenie nie tylko z punktu widzenia potrzeb neurofizjologii, lecz także techniki. Dzięki tym badaniom powstają nowe koncepcje dotyczące technicznej realizacji skutecznych urządzeń rozpoznających i diagnostycznych, rozpoznawania obrazów złożonych i znacznie uszkodzonych w stosunku do wzorców, rozpoznawania obrazów trójwymiarowych i barwnych, rozpoznawania mowy i innych dźwięków itp.

Pojawia się zatem wyraźny związek biocybernetyki z robotyką i w ogóle z ideą Golema. Rozpatrzmy kilka, mniej lub bardziej poważnych, przykładów. Zespół naukowców z Uniwersytetu w Utah pracuje nad systemem bezpośredniego sterowania samolotem przez mózg człowieka, w celu zminimalizowania czasu reakcji maszyny na decyzje pilota. Koncepcja wykorzystania sygnałów bioelektrycznych do bezpośredniego sterowania maszynami należy do jednych z najbardziej intrygujących i realnych zarazem. W 1982 r. dokonano w jednym ze szpitali londyńskich implantacji stymulatora serca, kontrolowanego i sterowanego przez mikroprocesor. Był to już drugi przypadek tego typu. Przewiduje się, że w niedalekiej już przyszłości większość stymulatorów serca będzie sterowana mikroprocesorami, przy czym pojawi się możliwość zapobiegania atakom serca. W krytycznej sytuacji mikroprocesor automatycznie zaaplikuje wysiadającemu sercu tzw. defibrylację, czyli uderzenie elektryczne, przywracające normalną pracę mięśnia sercowego. Od wielu lat stosowane są już „rozruszniki przepony" i „rozruszniki pęcherza", a także „rozruszniki mięśni", mające na celu przywrócenie zdolności ruchowych ludziom dotkniętym paraliżem. Znane są „rozruszniki słuchu", zaś pracuje się nad urządzeniami przywracającymi zdolność widzenia ludziom niewidomym. W tych przypadkach mamy do czynienia

z „wszczepianiem" urządzeń technicznych ludziom — organizmom żywym.

Można więc sobie wyobrazić pewnego nowego „przekładańca", czyli człowieka wyposażonego w integralne części elektroniczne i mechaniczne. Przypomnijmy, że w „Przekładańcu", filmie telewizyjnym Andrzeja Wajdy (według opowiadania Stanisława Lema), bohater — kierowca wyścigowy — po każdym kolejnym wypadku na torze otrzymywał nową część, będącą dotychczas własnością kogoś innego, nabywając przy tym cech poprzedniego ich właściciela. Czy tak się stanie w przypadku nowych, opisanych wyżej, „przekładańców"? Niewątpliwie należy się liczyć z tym, że uczeni będą nie tylko wymieniać niesprawne części organizmu na części techniczne, ale mogą także dążyć do ulepszania naturalnych organów, a także starać się stworzyć całkiem nowe. Nie przechytrzać natury — brzmi jednak stale aktualne ostrzeżenie.

Można równie dobrze wyobrazić sobie nieco inną operację, a mianowicie: wszczepienie żywego organu maszynie. Nietrudno zatem wyobrazić sobie np. komputer z ludzkim uchem lub okiem, lub jakimś innym organem... Ohyda! Wspominany już, Isac Asimov przewiduje powstanie nowej rasy mieszańców zrodzonych z połączenia człowieka z maszyną. I z kim wtedy mielibyśmy do czynienia — z człowiekiem czy z maszyną? Oto jest pytanie. Zresztą podobnych pytań pojawia się, w związku z biocybernetyką, wiele. Cyborg — cybernetyczny organizm — powstały z integracji człowieka i maszyny w jeden organizm (?) miałby wiele zupełnie nowych własności, jak np. skurczone płuca i krew w nich sztucznie chłodzoną, związki chemiczne i odżywcze doprowadzone wprost do krwi, wreszcie zdolność fotosyntezy — bezpośredniego przetwarzania światła słonecznego w energię w obrębie własnego ciała. Taki cyborg byłby nieza-

stąpionym podróżnikiem kosmicznym, przy którym Armstrong stąpający po Księżycu wydawałby się po prostu niezdarą.

Wspaniałą opowiastką raczy czytelników Józef Kozielecki w pięknej i mądrej książeczce pt. „Smutek spełnionych baśni". W jednym z opowiadań, którego akcja toczy się, jak zwykle, w hrabstwie Westcorn, autor tak pisze: „Jeśli miałbym wymienić uczonych żyjących w hrabstwie Westcorn, którzy wierzyli w swoją misję i którzy starali się ocalić współobywateli przed pozornie grożącymi im nieszczęściami, wymieniłbym przede wszystkim psychoanalityków i cybernetyków". Otóż, cybernetycy marzyli o stworzeniu maszyny, oczywiście, „na obraz i podobieństwo swoje", czyli takiej, która symulowałaby zachowanie człowieka, posiadała świadomość, intuicję, emocje i nieobce by jej były lęk i nadzieja, rozpacz i cierpienie. Dodajmy, że projekt ten był prawdopodobnie finansowany przez wojsko i dlatego otoczono go mgłą tajemnicy. Skutki były jednak bardzo odbiegające od oczekiwań cybernetyków. Po pierwsze — powstały prymitywne roboty, które nawet nie osiągały ilorazu inteligencji antropoidów, a ponadto nie odróżniały świata wewnętrznego i zewnętrznego, snu i jawy itp., słowem powstała „durnota" cybernetyczna. Po drugie — i to było sensacją zakończenia Projektu Biblijnego, bo tak go nazwali skromni cybernetycy (którzy jak wiemy, bardzo lubią stosować „zmyślne" nazwy dla określenia nowych wytworów) — zauważono nienaturalne zachowanie cybernetyków, którzy, niestety, stopniowo upodabniali się do maszyn. Cybernetycy patrzyli na świat nieczułym mechanicznym wzrokiem, stracili zdolność spontanicznego i twórczego działania. Maszyny zniszczyły ich siłę woli, wymazały nieświadomość, stłumiły emocje, smutek i radość. Projekt Biblijny miażdżył swoich autorów, skazywał na zagła-

dę. I na tym można byłoby zakończyć to bardzo smutne opowiadanie, lecz pozostaje rzecz najważniejsza, a mianowicie określenie przyczyn tego, co tu dużo mówić, jakże gorszącego zjawiska (człowiek upodabnia się do maszyny!). Chociażby po to, aby uniknąć w rzeczywistości takiej „cybernetycznej apokalipsy". J. Kozielecki wyjaśniając przyczyny przyjmuje spojrzenie na zdarzenia z drugiej strony. Maszyny pracowały po prostu systematyczniej, cybernetycy zaś — — jedynie spontanicznie, z właściwą ludziom niekonsekwencją. Maszyny miały zadanie łatwiejsze, bowiem dużo łatwiej jest uprościć złożoność niż skomplikować prostotę. Człowiek natomiast był w trudniejszej sytuacji, gdyż z prymitywów chciał stworzyć geniuszy. I jeszcze jedno — cybernetycy nie wiedzieli, że są obiektem zwrotnej manipulacji, nie umieli się więc bronić. I to chyba wyjaśnia wszystko, no, może prawie wszystko.

Kończąc rozważania na temat biocybernetyki, jeszcze kilka słów poświęcimy temu, co wydaje się być zasadnicze z punktu widzenia modelowania organizmów żywych. Chodzi o spostrzeżenie C. Bernarda rozwinięte następnie do postaci pewnej koncepcji przez amerykańskiego fizjologa Waltera Cannona. On to bowiem dla określenia sterowniczej „mądrości" organizmu, stworzył w 1932 roku termin homeostaza, wywodzący się z dwóch słów greckich o znaczeniu: pozostawać stałym. Fizjologowie twierdzą, że reakcje człowieka i zwierząt na informacje lub niepożądane działania energetyczne otoczenia sprowadzają się do trzech podstawowych zachowań: ucieczki, walki i adaptacji. Ze względu na własności homeostatyczne istotna jest trzecia z wymienionych form zachowania.

Człowiek zagrożony przez otoczenie lub poinformowany o zagrożeniach przygotowuje się do działania, tzn. przygotowuje się jego organizm mobilizując re-

zerwy energetyczne i wydzielając pewne hormony (np. adrenalinę). Towarzyszą temu znane objawy fizjologiczne (serce bije szybciej, twarz purpurowieje lub blednie, oddech staje się przyspieszony, ciało się poci, występują dreszcze, drżenie nóg itp.). Organizm określone czynności może wykonywąć z własnej woli: pić, kiedy się ma pragnienie, jeść, kiedy odczuwa się głód, nakładać sweter, kiedy jest zimno, a lekką koszulkę, gdy jest ciepło itp. W sumie wszystko to tworzy obraz pewnego cudownego mechanizmu, jednego z najwspanialszych systemów, jakie stworzyła natura. Powiedzieliśmy „cudownego", ale właśnie cybernetyka i teoria systemów uwolniły, co podkreśla np. Konrad Lorenz, nagłe powstawanie nowych właściwości systemowych i nowych funkcji od piętna cudowności. Nie ma bowiem nic nadnaturalnego w tym, że liniowy łańcuch przyczynowy domyka się w obwód i że istnieć tym samym poczyna system, który się swymi funkcjonalnymi własnościami różni od wszystkich uprzednich w sposób zasadniczy. A biocybernetyka dokona z pewnością lepszego niż dotychczas zbadania tych „cudownych" własności homeostatu.

Wyrazem pewnego racjonalnego optymizmu może być wypowiedź wybitnego chemika Linusa Paulinga, laureata Nagrody Nobla (1954 r.), pokojowej Nagrody Nobla (1962 r.), Nagrody Leninowskiej, pokojowej nagrody im. Gandhiego i wielu innych. „Gdybym miał określić swe stanowisko filozoficzne, to powiedziałbym, że jestem redukcjonistą — uważam, że wszelkie zjawiska można sprowadzić do pewnych podstawowych mechanizmów. Jako humanista i racjonalista sądzę, że mechanizmy te można poznać korzystając z właściwości rozumu. Odrzucam wszelkie dogmaty, nie akceptuję objawionych religii. Uważam, że nawet etyka może być oparta na naukowych podstawach. Ogólnie rzecz biorąc nie widzę potrzeby mistycyzmu

w świecie: nie widzę konieczności istnienia tajemnic. Świat po prostu można zrozumieć... myślę, że z czasem zrozumiemy go całkowicie, w każdym aspekcie i zjawisku".

Nadejdą czasy, gdy organizm ludzki — system biologiczny — przestanie stanowić tajemnicę. Już dziś istnieją obszary jego funkcjonowania, które zostały dobrze poznane i wyjaśnione. Duże są tu zasługi biocybernetyki, bioniki i cybernetyki medycznej. Są też nadal obszary owiane „mgłą" tajemnicy. L. Pauling nie dostrzega konieczności istnienia w świecie tajemnic, ale jakże nieciekawy byłby ten świat, gdyby ich w sobie nie krył... I dlatego łatwiej zgodzić się z Albertem Einsteinem, który uważał, iż: „Jedną z najpiękniejszych rzeczy, jakich możemy doświadczyć, jest tajemnica. Jest ona źródłem wszelkiej prawdziwej nauki i sztuki. Ten, kto nie potrafi jej podziwiać, jest już właściwie trupem".

X. Tajemnice myślenia, czyli o sztucznej inteligencji

„Na dłuższy dystans jedyną nauką, która pozostanie, będzie sztuczna inteligencja."

(W.W. Bledsoe)

Czy maszyny mogą myśleć? Pytanie to pojawiało się już tak często, że dziś trudno uznać je za szokujące. Nie oznacza to, że problem zawarty w nim stał się nieaktualny, gdyż został definitywnie rozstrzygnięty. Po prostu — problem „myślących maszyn" czy tzw. sztucznej inteligencji jest jednym z podstawowych problemów badawczych, na który przeznaczone są ogromne kwoty pieniężne i w rozwiązanie którego zaangażowane są rzesze pracowników naukowych na całym świecie. Zanim dokonamy próby udzielenia chociażby częściowej odpowiedzi na pytanie o możliwości myślenia przez maszyny, zwróćmy uwagę na fakt, że dość często podważa się celowość podejmowania tego rodzaju prac w ogóle. Mówi się np., że można skonstruować maszynę, która będzie np. palić papierosy, albo grać w szachy, i co z tego. Otóż, „maszyny" palące papierosy pomogły lepiej poznać skutki palenia tytoniu, co do których nikt oczywiście nie ma wątpliwości, jednak badania pozwoliły lepiej poznać różne nowe związki przyczynowo-skutkowe. Przyjemniej jest, oczywiście, grać w szachy z człowiekiem, lecz i gra z maszyną może mieć pozytywne strony. Zresztą chodzi tu przede wszystkim o coś innego niż

tylko o znalezienie nowego, elektronicznego „Turka".

Na pytanie postawione na wstępie można odpowiedzieć następująco: Jeśli chodzi o pytanie teoretyczne, czy można skonstruować maszynę zdolną do myślenia, to najpierw odpowiedzmy na inne pytanie, a mianowicie — co jest procesem myślenia, jaka jest jego istota, ale nie na poziomie filozoficznych dywagacji, lecz na poziomie pewnego ścisłego modelu. Jeśli na to drugie pytanie uzyskamy odpowiedź zadowalającą, to na pierwsze, zasadnicze pytanie, odpowiedź powinna być pozytywna.

Zacznijmy jednak od pewnych ustaleń dotyczących przedmiotu badań, tj. myślenia jako procesu. Otóż, według psychologów, czynność myślenia jest łańcuchem operacji zmysłowych, za pomocą których przetwarzamy informacje, czyli treści zakodowane w spostrzeżeniach, wyobrażeniach i pojęciach. Dzięki myśleniu człowiek poznaje rzeczywistość, tworzy plany i projekty, dokonuje odkryć, formułuje oceny i wnioski. Wytworem myślenia produktywnego jest nauka i technika, literatura i muzyka. Uściślijmy powyższe stwierdzenie. Myślenie produktywne dzieli się na myślenie twórcze i odtwórcze. Myślenie twórcze wzbogaca dotychczasową wiedzę nagromadzoną przez pokolenia, zaś jego wynik jest obiektywnie nowy. Dzięki myśleniu twórczemu — konstatuje J. Kozielecki — — ludzie poznają prawa przyrody, opracowują nie znane technologie, tworzą nowe systemy społeczne, odbywa się rozwój nauki i sztuki. Naukę, sztukę i technikę łączy, poza unikalnością samego procesu tworzenia i jego wytworów, poszukiwanie doskonałości — piękna, harmonii i prawdy. Sztuka pozostawia niewątpliwie więcej swobody grze wyobraźni i jest to jej wielką zaletą. Ale bez wyobraźni zapewne nie powstałyby teorie naukowe. Zarówno nauka, jak i sztuka są formą odbicia realnego świata, a równocześnie

środkiem jego przekształcania i źródłem informacji o nim. Być może rację ma E. Cassirer sądząc, że: „Nauka porządkuje nasze myśli, moralność porządkuje nasze czyny; sztuka wprowadza porządek do naszego spostrzegania zjawisk widzialnych i dotykalnych".

Po tej dygresji wróćmy do struktury czynności myślenia. Ogólnie wyróżnia się w niej: 1) informacje o świecie, które są materiałem myślenia; 2) operacje, za pomocą których przetwarzamy materiał myślenia; 3) reguły (metody, taktyki, strategie), czyli to, co wpływa na uporządkowanie kolejnych operacji.

To co czynią komputery jest niczym innym, jak przetwarzaniem informacji, zresztą pamięć współczesnych komputerów wzorowana jest na strukturach zapamiętywania informacji przez człowieka. Ale czy maszyny mogą dokonywać odkryć, czy mogą tworzyć, a więc twórczo myśleć? I w tych kwestiach zdania są podzielone. Zanim zapoznamy się z bardziej interesującymi sądami na temat myślenia maszyn, przez chwilę poświęćmy się ogólniejszej refleksji nad tym, co wyróżnia człowieka spośród wszystkich gatunków zwierząt. Pozwoli to uniknąć wątpliwości co do różnic dzielących człowieka i, obecne oraz przyszłe, maszyny. Człowiek, jak powszechnie wiadomo, wyróżnia się swoim życiem psychicznym. Na nie natomiast składa się w szczególności (A. Grzegorczyk)[22]: poznanie głębokich związków między rzeczami, wyczucie wartości duchowych oraz regulacja wolicjonalna swego zachowania. I tym prawdopodobnie będzie się różnił także od maszyn cybernetycznych, od Golema...

Jeśli natomiast chodzi o myślenie i jego cechy, to sprawa wydaje się prostsza. A świadczą o tym osiągnięcia w dziedzinie tzw. sztucznej inteligencji

---

22) A. Grzegorczyk: Filozofia czasu próby. PAX, Warszawa 1985.

(ang. Artificial Intelligence), czyli po prostu AI. Pojęcie sztucznej inteligencji, aczkolwiek narodziło się w literaturze typu science-fiction, dziś należy do fachowych, naukowych terminów, którego desygnat zawiera w sobie już nie tylko abstrakcyjne treści.

Warto w tym miejscu przytoczyć wypowiedź socjologa S. Turkle'a, autora książki poświęconej społecznym i kulturowym studiom o komputerach i ludziach. „Dzieci definiują istotę bycia człowieka przez zestawienie z najbliższymi sąsiadami, którymi zawsze były zwierzęta. Ludzie są inni, ponieważ umieją myśleć. Teraz dziecko pracując z komputerem widzi w nim najbliższego sąsiada, zatem ludzie są inni, ponieważ czują. To może stać się niezmiernie ważne dla sposobu myślenia ludzi o sobie. Zmierzamy w kierunku przewartościowania pojęć o istocie człowieczeństwa". Co prawda jeden z krytyków AI profesor J. Weizenbaum z MIT uporczywie twierdzi, że „dając dzieciom komputer do zabawy nie tykamy żadnego prawdziwego problemu", określając nową „komputerową generację" jako „rozgarniętych młodych ludzi z rozwichrzonymi włosami i z megalomaniakalnymi fantazjami na temat swej wszechpotęgi". A tak na marginesie zauważmy, że w miejsce pokolenia „dzieci Marksa i coca-coli", jak określano na Zachodzie generację kontestatorów z końca lat sześćdziesiątych, pojawiła się generacja „dzieci z mikroprocesorów". Ci pierwsi, podczas „rewolty studenckiej", sformułowali takie hasła, jak: „Bądźcie realistami — żądajcie niemożliwego" oraz „Wierzcie w rzeczywistość waszych pragnień", ale także: „Mam coś do powiedzenia, ale nie wiem co". A jakie będą hasła nowych kontestatorów?

Zjawisko, które może nas interesować to wzajemne oddziaływanie, w niedalekiej przyszłości, naturalnej i sztucznej inteligencji. Nie jakaś „rywalizacja", lecz wzajemne poznawanie się. Człowiek dzięki symulo-

Brakująca strona. Uzupełnić.

Brakująca strona. Uzupełnić.

„Działanie administracji" (tłum. pol. 1976), „Proces podejmowania decyzji w organizacjach administracyjnych" (tłum. pol. 1982).

Ukoronowaniem wszechstronnej działalności H.A. Simona było przyznanie mu w 1978 r. Nagrody Nobla w dziedzinie ekonomii, przy czym w uzasadnieniu do tej nagrody podkreślano jego pionierski wysiłek w badaniu procesów podejmowania decyzji w organizacjach gospodarczych oraz stwierdzono, że „współczesna ekonomika przedsiębiorstwa i nauki administracyjne są głównie oparte na ideach Simona". Nie od rzeczy będzie wspomnieć o słowiańskim pochodzeniu tego, cieszącego się powszechnym międzynarodowym uznaniem, uczonego.

Najlepiej jednak naukowca przedstawiają jego poglądy, a poglądy Simona w sprawach AI nie wyrażają wątpliwości. A oto fragmenty wywiadu udzielonego pismu „Le Monde" w kwietniu 1984 roku. „Jedno z naszych głównych badań polega obecnie na opracowywaniu modeli teoretycznych po to, by się przekonać jak można analizować dostępny zestaw danych, aby móc odkryć nowe prawa naukowe. W tym celu opracowujemy nowe programy zdolne do ujawnienia w komputerowym banku danych — ukrytych w nich głębszych schematów. Jeśli uda się nam tak zaprogramować komputery, jest oczywiste, że będziemy w końcu mogli zrozumieć proces dokonywania odkrycia. Ten, kto zrozumie i zrealizuje ten program zyska dostęp do mechanizmów odkryć naukowych. (...) komputer wyposażony w bogaty bank danych byłby całkowicie zdolny do intuicji. (...) na uniwersytecie stanu Texas istnieje program komputerowy „Isaac Newton", który potrafi rozszyfrować zadanie fizyczne, a ponieważ został wyposażony w dane dotyczące pojęć skali, dźwigni, masy, tarcia, jest on w stanie wyobrazić sobie zadanie z książki, a następnie przeobrazić je

w równania matematyczne w celu rozwiązania zadania. Inaczej mówiąc, komputer rozumie znaczenie pojęć fizycznych i wobec tego może je przełożyć na opis wizualny i matematyczny". A oto inna interesująca uwaga Simona: „Komputery nie potrafią jeszcze wykryć w mowie intonacji gniewu, wahania czy radości, w zasadzie jednak powinno to być wykonalne". Na „podchwytliwe" pytanie o to, czy komputer mógłby się zakochać, Simon odpowiedział: „Muszę przyznać, że niezbyt się nad tym zastanawiałem, ale także i tutaj nasze zrozumienie cząstkowe jest uzależnione od naszego ogólnego rozumienia tego zjawiska. Miłość najlepiej opisał nie psycholog ani biolog, lecz Stendhal". Dodajmy, że Simon nie ma wątpliwości co do tego, że komputery będą w stanie dokonywać przekładów, tworzyć dzieła literackie czy prowadzić badania naukowe.

Skoro wspomnieliśmy o przekładach z jednego języka na inny, to nadal stanowi to poważny problem techniczny, z którym wiązane są jednak ogromne nadzieje. Wiele jest prób udanych i obiecujących. Sporo jest jednak takich, jak z anegdoty o naiwnej próbie komputerowego przekładu z angielskiego na rosyjski, gdy zamiast „Duch by chciał, ale ciało słabe" (The spirit is willing, but the flesh is weak) komputer przetłumaczył: „Wódka dobra, ale mięso bez smaku".

Do najbardziej znanych dokonań w dziedzinie opracowywania programów związanych z matematyką należą: MACSYMA — zbiór programów rozwiązujących równania, w tym różniczkowe, i obliczenia całek nieoznaczonych; LOGIC THEORIST — opracowany przez Simona i Newella pod koniec lat pięćdziesiątych — — dowodzący 38 z 52 twierdzeń zawartych w słynnym dziele „Principia Mathematica" Whiteheada i Russella, przy czym niekiedy bardziej elegancko niż autorzy tego fundamentalnego dzieła; „Maszyna geo-

metryczna" Gelerntera, czyli program udowadniający twierdzenia geometrii euklidesowej; program BACON, który w przedstawionych danych próbuje wykryć jakieś zależności funkcyjne; AURA — program stosowany przy projektowaniu układów scalonych; DOCTOR — program symulujący działanie psychoterapeuty oraz PARRY — symulujący dialog psychiatry z pacjentem czy wreszcie słynny program Simona, Newella i Shawa GENERAL PROBLEM SOLVER (Ogólny Rozwiązywacz Problemów) — jeden z najbardziej uniwersalnych programów AI.

Do szczególnie popularnych programów AI należą programy szachowe. Odbywają się mecze szachowe pomiędzy komputerami amerykańskimi a radzieckimi i, oczywiście, pomiędzy ludźmi a komputerami. Na razie arcymistrzowie na ogół wygrywają z komputerami, ale jak jeszcze długo? Radziecki arcymistrz Botwinnik uważa, że w wyniku badań nad programami szachowymi można by stworzyć sztuczną inteligencję zdolną również do rozwiązywania zadań gospodarczych, społecznych i państwowych. A zatem nie chodzi tu tylko o zabawy z komputerowym szachistą.

Kilka lat temu szeroko opisywano mecz, jaki odbył się pomiędzy arcymistrzem W. Korcznojem a komputerem CYBER 176 i jego programem „Chess 4, 8". Obaj przeciwnicy reprezentowali najwyższą klasę światową. Komputer oczywiście jeszcze przegrał, ale przez pierwszych trzynaście ruchów partia była wyrównana, chwilami „Chess 4, 8" był nawet w nieco lepszej sytuacji, a dopiero od trzydziestego czwartego ruchu sytuacja dla CYBERA stała się beznadziejna. Jednocześnie komputer dokonywał różnych analiz, np. informował, ile czasu potrzeba mu na dokonanie oceny sytuacji i ile pozycji przeanalizował przed podjęciem decyzji. Liczba przeanalizowanych pozycji wahała się w granicach 145 295 a 1,8 mln. Uważa się, że stoso-

wana w programach szachowych metoda analizy wszystkich możliwych wariantów bez rozumienia istoty gry nie rokuje nadziei na zrównanie się szans komputerów i arcymistrzów szachowych. Dopiero metoda polegająca na nauczeniu komputera sposobu myślenia szachisty stwarza takie możliwości. A to jest prawdziwa AI. Intuicja i doświadczenie pozwalają szachistom ograniczać się do analizy jedynie kilku wybranych wariantów. Gdyby te cechy zostały zasymulowane w programie, to wtedy mogłaby dojść do głosu przewaga komputerów w szybkości oceny sytuacji.

Komputery uczestniczą także w działalności artystycznej człowieka. Trudno jeszcze mówić o jakiejś wartościowej twórczości artystycznej komputerów, chociaż znane są przypadki literatury komputerowej, grafiki komputerowej, która zyskuje sobie znaczną popularność, czy komputerowych kompozycji muzycznych.

W moskiewskim Instytucie Psychologii opracowano metodę modelowania kompozycji muzycznych, wykorzystując pewien proces stochastyczny (losowy), który podlega określonym zasadom. Maszyna tworzy melodię, maszynie można podać rytm wiersza, a ona dopisze melodię do tego wiersza i powstanie pieśń, wreszcie maszyna może naśladować niektóre czynności studentów konserwatorium, wykonując bezbłędnie np. zadania z harmonii. Komputery mogą być wykorzystywane więc do komponowania muzyki, co zwykle opiera się na następującym schemacie: [24]

— komputer generują liczby losowe reprezentujące takie elementy, jak: wysokość, rytm, dynamika itp.,

— każda losowa liczba poddawana jest serii testów,

---

[24] R. Tadeusiewicz, A. Soda: „Kompozycje muzyczne z komputera", Problemy, nr 12, 1979 r.

które odpowiadają zasadom kompozycyjnym i stylistycznym, ustalonym i zaprogramowanym przez kompozytora,

— gdy dana kompozycja jest już gotowa, zostaje wydrukowana np. w kodzie cyfrowo-literowym.

Ponadto komputery stosowane są w studiach muzyki elektronicznej (np. utwór Krzysztofa Pendereckiego „Ekecherija" opracowywany był w Studio Eksperymentalnym Polskiego Radia), w syntezie dźwięku (syntezatory już dawno znalazły się w podstawowym instrumentarium muzycznym), do druku partytury muzycznej, a także analizie muzycznej.

Dużą popularnością w całym świecie cieszą się soliści i zespoły z kręgu tzw. elektronicznego rocka, wystarczy wymienić m.in. Vangelisa, Isao Tomitę, Jean Michel Jarre'a, Edgara Froese czy zespół Tangerine Dream, a z twórców polskich Niemena, J. Skrzeka i M. Bilińskiego. Jeden z najpopularniejszych i najwybitniejszych twórców z kręgu „elektronicznego rocka", którego koncerty w Polsce w 1983 r. cieszyły się ogromnym powodzeniem, Klaus Schultze, tak charakteryzuje swój warsztat: „Od niedawna wykorzystuję Fairlight. Gra się na nim jak na fortepianie. To syntezator z układami cyfrowymi, może też współpracować z komputerem. Ten ostatni to model GDS z pamięcią 16 K, skonstruowany w laboratorium Bella w Stanach Zjednoczonych. Moduł echa cyfrowego jest produkcji francuskiej, stół mikserski Yamaha pochodzi z Japonii, a w systemie nagłośnienia wykorzystuję m.in. sprzęt firmy Dynacord. Staram się tak kompletować urządzenia, by były one jak najlepsze. W pamięci komputera mam zapisane parametry brzmień wielu akustycznych instrumentów, wiolonczeli, całego kwintetu smyczkowego, fletu i fortepianu. Mogę śpiewać do mikrofonu, a te proste dźwięki mogą być natychmiast przetransponowane na głosy dowolnego

instrumentu zarejestrowanego w komputerze.[25] Dodajmy tylko, że jeden z albumów Klausa Schultze nosił tytuł: „Cyborg".

Techniki komputerowe stosowane są w procesie tworzenia filmów, przy czym do niedawna używano np. urządzeń peryferyjnych komputera — urządzeń zobrazowania rysujących na błonie filmowej, przenoszących obraz z monitora na taśmę filmową itp., czyli były to bierne metody, podobne do stosowania jako instrumentów muzycznych różnych urządzeń elektronicznych. Ostatnie lata przyniosły nową jakość w technice filmowej dzięki komputerom. Rozpoczęła się nowa era filmu elektronicznego. Naukowiec P. Kemnitzer wykorzystał unikalny komputer NASA w eksperymentalnym filmie pt. „City — scape".[26] Film jest obrazem miasta przyszłości, całkowicie wymyślonym przez komputer. Wymyślił on budowle, autostrady, tunele, mosty itp. na podstawie tylko matematycznych równań zawartych w modelach opisujących trójwymiarowe przestrzenie i ich transformację na dwuwymiarową płaszczyznę obrazu kinowego. Kemnitzer przy pomocy komputera sterował wewnętrzkadrowym ruchem pojazdów, wind, śmigłowców itp. Przy uzyskiwanych obecnie komputerowych efektach słynna podróż w inny wymiar z filmu „2001: Odyseja kosmiczna" wydaje się nieśmiałą próbą możliwości wizualnych we współczesnym filmie.

Były to tylko nieliczne przykłady swoistej syntezy cybernetyki ze sztuką współczesną, odkrywające znaczne perspektywy rozwojowe. Czy komputer może „napisać" dzieło porównywalne z „Wojną i pokojem",

---

[25] Zob. wywiad Jerzego Kordowicza z Klausem Schultze w wydawnictwie „Fonografia 84".

[26] M. Zabłocki: „Kubrick, Spielberg, Lucas i inni", Fantastyka nr 6/9, 1983 r.

„skomponować" symfonię porównywalną z IX Beethovena, lub „stworzyć" film porównywalny z np. „Osiem i pół"? Jest to raczej wątpliwe. Komputery, sztuczna inteligencja, mogą natomiast znacznie rozszerzyć zakres eksperymentu w sztuce i zwiększyć możliwości ekspresji artystycznej. Są to możliwości niebagatelne, których nie należy lekceważyć. Sądzi się na ogół, że niemożliwe jest w obecnych warunkach rozstrzygnięcie, czy kompozycja komputerowa jest sztuką, czy nie. Prawdopodobnie oceni ją czas, a krytycy wyrażając pochopne opinie bardzo często się mylą, tak jak A. von Kotzebue, autor wypowiedzi: „Nigdy jeszcze nie napisano czegoś tak niespoistego, przenikliwego i tak dotkliwie szokującego dla ucha". A była to recenzja z pierwszego koncertu Beethovena z 1800 roku.

Andrzej Osęka zauważył [27], że sztuka rodzi się z jasnych i ciemnych stron przygody ludzkiej, na skalę jednostki, grupy społecznej, ludzkości. A wszelka wielka kultura rodzi się z poczucia winy. To poczucie pozostanie komputerowi obce. Będzie rzeźbił jak Vantongerloo, który tworzył rzeźby, będące przestrzennymi modelami równań matematycznych, malował jak Winiarski, ale nigdy nie będzie pisał jak Dostojewski.

Zapewne miał rację André Malraux pisząc o sztuce: „Sztuka nie jest adresowana do intelektu ani do wiedzy, ani do dobrej woli. Jeśli do kogoś trafia, to przez podświadomość. (...) Ze sztuką jest jak z Bogiem, szuka jej tylko ten, kto już ją znalazł".

Wróćmy jednak do teoretycznych podstaw sztucznej inteligencji opracowanych przez H.A. Simona i A. Newella. Najogólniejsze sformułowane przez nich

---

27) A. Osęka: Coś się kończy, coś się zaczyna. Czytelnik, Warszawa 1979.

twierdzenie brzmi: System przetwarzający informacje jest zdolny do inteligentnego działania. Ilustrują to twierdzenie następujące hipotezy robocze:

— Ludzkie myślenie jest przetwarzaniem informacji.

— Odpowiednio zaprogramowane komputery mogą z powodzeniem naśladować myślenie człowieka, bowiem działają dzięki takim samym zdolnościom wyjściowym.

— Procesy myślowe mogą odbywać się również na drodze czysto fizycznej, przez wykorzystanie najróżniejszych mechanizmów.

— Dotychczas niemożliwe było określenie takich granic potencjalnych możliwości sztucznej inteligencji, które zarazem nie byłyby także hipotetycznymi granicami możliwości mózgu człowieka.

— Dotychczasowe dokonania pociągają (lub mogą pociągać) za sobą zmiany o charakterze podstawowym nie tylko w psychologii i w informatyce, lecz także w filozofii, lingwistyce i innych naukach humanistycznych.

Wyróżnione hipotezy znajdują swój wyraz w stwierdzeniu Simona: „Niepowtarzalność i największa doskonałość człowieka zawsze dominowały w ludzkich wyobrażeniach kosmologicznych i etycznych. Kopernik i Galileusz odebrali człowiekowi pozycję w centrum Kosmosu. Darwin odebrał mu przeświadczenie o psychicznej swoistości z perspektywą transcendentalną i o duszy oraz rozumie jako darach od Boga. Wraz z Freudem, z chwilą pojawienia się psychologii głębi, znikł wizerunek człowieka kierującego się zdrowym rozsądkiem, a teraz znów, na początku ery systemów myślących i uczących się, człowiek przestaje być jedynym inteligentnym animatorem swego otoczenia".

Być może na tym właśnie polega tak doniosła rola

sztucznej inteligencji — dziedziny badań cybernetycznych. [28)]

Gdy Herberta A. Simona zapytano, czy komputery mogą podjąć się tak wielkiego zadania jak sprawowanie urzędu prezydenta Stanów Zjednoczonych, słynny noblista odpowiedział: „No cóż, wolałbym nieco poczekać, zanim będę głosował na komputer, najpierw musiałbym sprawdzić wartość jego programów! Byłaby to zapewne próżna gadanina, gdybym odpowiedział, że jeszcze trochę, a nauki komputerowe „wyprodukują" prezydenta o nie mniejszych kwalifikacjach niż niektórzy z ostatnich prezydentów Stanów Zjednoczonych!"

---

28) Wiele interesujących przykładów AI można odnaleźć w dwóch książkach Marka Hołyńskiego: „Sztuczna inteligencja", Wiedza Powszechna 1979 i „Maszyny i ludzie", Iskry 1984.

XI. Od regulatorów do robotów, czyli o cybernetyce technicznej

„Niebezpieczeństwem czasów minionych było to, że człowiek mógł się stać niewolnikiem. Niebezpieczeństwem czasów przyszłych jest to, że człowiek może się stać robotem."

(Erich Fromm)

Pojawiły się w literaturze, budząc niekiedy grozę, aby potem towarzyszyć ludziom w ich kinowych przygodach. Powołał je do życia znakomity czeski pisarz Karel Čapek w powieści o dość enigmatycznym tytule „R.U.R." w 1920 roku. Tytuł jest skrótem nazwy firmy Rossums Universal Robots, produkującej masowo mechaniczne, człekopodobne urządzenia. Čapek „ochrzcił" je imieniem Robot. Najpopularniejszymi jednak jest para sympatycznych robotów R2D2 Artoo — Detoo i C3P0 See — Threpio przeżywających fantastyczne przygody i towarzyszących ludziom (i nie tylko ludziom) w ich „gwiezdnych wojnach". W tej filmowej trylogii, którą rozpoczął George Lucas „Gwiezdnymi wojnami", bijącej rekordy powodzenia i rekordy inwencji technicznej, jest ich znacznie więcej (przeróżnych robotów i „robotopodobnych").

Dziś, pod koniec XX wieku, roboty można spotkać nie tylko na kartach powieści typu science-fiction i ekranach kin, ale co najważniejsze w fabrykach, biurach, instytutach i w handlu. Robot stał się, obok komputerów i rakiet kosmicznych, jednym z symboli rozwoju naukowo-technicznego naszych czasów, a ro-

botyzacja jedną z bardziej dynamicznie rozwijających się dziedzin.

Aby uniknąć pewnych nieporozumień przedstawmy bohatera niniejszego szkicu. Według definicji Amerykańskiego Instytutu Robotów (RIA) robot jest wielofunkcyjnym automatycznym manipulatorem do wielokrotnego programowania, przeznaczonym do operowania przedmiotami lub narzędziami, a dzięki zmiennie programowanym ruchom — do wykonywania rozmaitych zadań. A oto inne określenie: „Roboty są narzędziami sterowanymi automatycznie, dającymi się zaprogramować do wykonania dużej liczby różnorodnych sekwencji precyzyjnych czynności manipulacyjnych, jak np. uchwycenie przedmiotu, przemieszczenie przedmiotu (przeniesienie, obrócenie), pozostawienie przedmiotu w określonej pozycji w określonym miejscu (zakładanie, wkładanie, nakładanie). Sekwencje wymienionych czynności mogą być uzależnione od stanu obsługiwanego narzędzia oraz manipulowanego przedmiotu i mogą z kolei sterować obsługiwanym narzędziem". [29] Z powyższych określeń wynika, że istotną cechą robotów jest ich programowalność, czyli możliwość zmiany sekwencji czynności manipulacyjnych przez zmiany programu przechowywanego w pamięci robota. Elementy wykonawcze robotów, przeznaczone do wykonania czynności manipulacyjnych, noszą nazwę manipulatorów.

Roboty się rozwijają, zmianie ulegają zasady ich sterowania, zdolności manipulacyjne i, oczywiście, zakres zastosowań. Mówi się, podobnie jak w przypadku komputerów, o generacjach robotów. Zanim je scharakteryzujemy, poświęćmy trochę uwagi „przodkom" dzisiejszych robotów.

Na początku były regulatory, proste urządzenia,

---

[29] Np. A. Niederliński: Roboty przemysłowe. WNT, Warszawa 1985.

które miały wspomagać przede wszystkim siłę mięśni ludzkich. Najczęściej zadaniem tych urządzeń była stabilizacja określonych wielkości. W 1558 r. Ramelli opisał regulator służący do utrzymania stałej prędkości obrotowej żarna młyńskiego, dwa wieki później Połzunow wynalazł regulator utrzymujący stały poziom wody w kotle parowym i, wreszcie, w 1779 r. J. Watt wynalazł odśrodkowy regulator prędkości obrotowej maszyn parowych. Wspólną cechą tych urządzeń była zasada działania — kompensacyjna zasada regulacji według zmiany wielkości regulowanej. Były to pierwsze układy o zamkniętym obiegu, czyli układy ze sprzężeniem zwrotnym. Jeszcze wcześniej pojawiły się automatyczne układy działające na zasadzie regulowania według zakłóceń, pracujące w obiegu otwartym, a więc bez sprzężenia zwrotnego. Wspomniane urządzenia zapoczątkowały późniejszy rozwój systemów automatycznej regulacji, a badania nad nimi — automatykę i cybernetykę techniczną. Kontynuacją tych prac jest dzisiejsza robotyka.

Prawdopodobnie przez wiele lat cybernetyka kojarzyła się właśnie z przeróżnymi „zabawkami cybernetycznymi". Jedną z nich był „żółw" Waltera Graya, który naśladował wiele cech zachowania się żywego żółwia. Pierwsze żółwie nazwane „Elsie" i „Elmer" reagowały na źródło światła tylko w zależności od stanu ich akumulatorów, następny żółw „Cora" reagował także na gwizd. Konstrukcyjnie „żółw" stanowił nieduży wózek na trzech kółkach, na którym zainstalowano dwa serwomotory, przekaźnik elektromagnetyczny, urządzenia elektroniczne i akumulator zasilający. Po „żółwiach" Waltera Graya pojawiło się wiele innych podobnych „sztucznych zwierząt". Służyły one przede wszystkim zabawie ale jednocześnie były sprawdzianem możliwości technicznej realizacji pewnych, stosunkowo prostych, czynności ludzkich

(a raczej zwierzęcych). Warto także wspomnieć o jeszcze jednym „sztucznym zwierzęciu", zdolnym do uczenia się, a więc realizującym jakby wyższe funkcje. Była to słynna „mysz Shannona", zbudowana w 1953 roku przez amerykańskiego pioniera cybernetyki. Urządzenie to imitowało proces poznawania labiryntu, ucząc się pokonywania labiryntu metodą prób i błędów. Chyba nie musimy dodawać, że Shannon swą „mysz" pokonującą labirynt nazwał „Tezeuszem".

Typowym współczesnym robotem jest np. autopilot, lecz stanie się nim w pełni wówczas, gdy samodzielnie będzie się orientował w przestrzeni i będzie zdolny powziąć decyzje w nieprzewidzianych sytuacjach. Innym przykładem współczesnego robota może być samobieżny automatyczny hydrolokator wykrywający przedmioty na dnie oceanów i określający miejsce ich położenia. A automatyczne stacje kosmiczne, wykonujące wiele różnych funkcji pomiarowych, przetwarzania, przesyłania i odbierania danych, także diagnostycznych? Czy „Voyager" mknący poza Układ Słoneczny należy do rodziny robotów?

Przedstawiając te ostatnie przykłady oddaliliśmy się nieco od przyjętej na wstępie definicji robota, skłaniając się raczej ku definicji szerszej, a mianowicie: „Roboty reprezentują klasę uniwersalnych systemów technicznych spełniających przez swoje działania kinematyczne i intelektualne funkcje człowieka". Pozostawmy funkcje intelektualne i najpierw uporajmy się z funkcjami fizycznymi (mechanicznymi). Stąd uwaga, jaką będziemy przywiązywać do tzw. robotów przemysłowych. Im i skutkom robotyzacji procesów produkcyjnych poświęcimy najwięcej miejsca podczas rozważań dotyczących cybernetyki technicznej oraz jej współczesnej „mutacji" — robotyki.

Powszechnie zwraca się uwagę na niezwykle szybki rozwój robotów tzw. generacji 2 — od wolno działa-

jących robotów — zabawek do szybko działających robotów przemysłowych. Przedstawicielem tej generacji jest np. robot firmy Cincinnati Milacron o sześciu stopniach swobody, wyposażony przez firmę General Motors w komputerowy system sterowania z kamerą telewizyjną Consight. Dzięki temu może on manipulować bezładnie rozrzuconymi przedmiotami znajdującymi się na ruchomym podajniku taśmy. Robot ten znajduje zastosowanie do montażu w przemyśle samochodowym.

Roboty generacji 2,5 i 3 są wyposażone w zdolności rozpoznania złożonych kształtów i klasyfikacji złożonych sytuacji oraz sterowania w sytuacjach niepewności. Badania nad tymi robotami związane są z pracami w dziedzinie sztucznej inteligencji (prace nad algorytmami rozpoznawania obrazów, brył, klasyfikacji, podejmowania decyzji w warunkach znacznej nieokreśloności). Przykładem robota generacji 2,5 może być robot Shakey opracowany przez Stanfrod Research Institute. „Inteligentne" roboty tego typu znajdują się w stadium badań. Niewątpliwie w przyszłości zastąpią człowieka podczas wykonywania wielu trudnych i niebezpiecznych czynności. Wielu ekspertów w dziedzinie robotyki uważa jednak, że istotą robotyzacji są masowe zastosowania robotów 1 i 1,5 generacji.

O dzisiejszych robotach mówi się: „Nie jest to ani Golem, ani Superman. Nie przenosi gór, a tylko kilkadziesiąt kilogramów. Jest ślepy, bezręki, beznogi i nie posiada inteligencji. Mimo to wyrasta na głównego bohatera fabryk przyszłości. Potrafi bowiem spawać, nakładać lakier i wykonywać inne czynności — wszystko, co mu się każe".

Pierwszy robot przemysłowy został zastosowany w firmie samochodowej Forda w 1962 r. do prac spawalniczych. Dwadzieścia lat później w Japonii wyko-

rzystywano już około 15 tysięcy robotów, a w USA — około 7 tysięcy. W USA produkcją robotów zajmuje się dwadzieścia firm, natomiast w Japonii — sześć razy więcej, w tym jedna, w której roboty produkują... roboty. A więc do tego już doszło! Prymat Japonii w dziedzinie robotyki i robotyzacji jest wyraźny. Rywalizacja pomiędzy Japonią a Stanami Zjednoczonymi jest szczególnie ostra właśnie w dziedzinie komputerów i robotów. Wydaje się, że zaostrzenie tej rywalizacji nastąpi w ostatniej dekadzie naszego wieku. Wtedy należy oczekiwać pojawienia się komputerów V generacji i robotów generacji 3, a może 4. Jaki będzie wynik tej rywalizacji trudno dziś przewidzieć, zwłaszcza że nie tylko względy naukowo-techniczne lub po prostu prestiżowe odgrywają tu istotną rolę, lecz aspekty ekonomiczno-społeczne. Te zaś są odmienne w wymienionych potęgach elektronicznych. Może rywali pogodzi ktoś trzeci?

Najogólniej można powiedzieć, że tendencje rozwojowe robotów, w sensie ich zastosowań, związane są z odsunięciem człowieka od bezpośredniej sfery wytwarzania, a w przyszłości również ze sfery przygotowania i podtrzymania produkcji. Już obecnie realizowane są programy rozwojowe dotyczące „bezludnego wytwarzania". Jednym z pierwszych takich programów jest japoński projekt MUM (Methodology for Unmanned Manufacturing).

Uważa się, że etapami rozwoju „bezludnych" systemów wytwarzania będą kolejno systemy

I generacji — umożliwiające wytwarzanie dóbr materialnych pod nadzorem i opieką nieliczbnego zespołu ludzi,

II generacji — mające zdolność do samoregeneracji, tzn. do samodzielnego podtrzymywania swoich, właściwych dla danego systemu, zdolności do wytwarzania dóbr materialnych,

III generacji — posiadające zdolność do „samokształcania się w celu wypełniania zadań sformułowanych w formie ogólnej przez człowieka".

Prognozy rozwoju robotyki przewidują wzrost liczby robotów w tempie 30—35% w skali rocznej. Przewiduje się, że około roku 1990 będzie ich prawie 300 tysięcy, gdy dziesięć lat wcześniej było ich na całym świecie niewiele ponad 13 tysięcy. Nie da się ukryć, świat „zaludniają" roboty, choć w znacznie większym tempie zaludniają go ludzie, potrzebujący żywności, przestrzeni i wielu, wielu bardzo potrzebnych (i mniej potrzebnych) rzeczy, w tym robotów.

Motywacją robotyzacji jest obniżka kosztów produkcji (np. w USA koszt godziny pracy robota wynosi 3—4 dolary, gdy tymczasem jednego zatrudnionego w przemyśle nawet pięciokrotnie więcej). W Japonii dzięki robotyzacji nastąpił trzykrotny wzrost wydajności pracy, a ponadto uzyskano wyższą jakość wyrobów. W zakładach samochodowych Renault koszty zainwestowane w robotyzację amortyzują się w ciągu 2—3 lat. W General Motors do końca lat osiemdziesiątych 13 tysięcy robotów powinno zastąpić 50% pracowników zatrudnionych bezpośrednio przy produkcji. W zakładach Volkswagena w Wolfsburgu zainstalowanie 40 robotów przy montażu „Golfa" przyniosło wzrost wydajności o 20%, lecz spowodowało odejście 1000 robotników. Przy spawaniu elementów modelu „Polo" wprowadzenie robotów przyniosło „nieznaczną" redukcję zatrudnionych (z 300 do 26), lecz wzrost wydajności wyniósł ponad 1000%. W zautomatyzowanej odlewni firmy Pratt and Whitney w Middletown dziesięć robotów typu Unimate wytwarza formy ceramiczne do odlewni łopatek turboodrzutowych silników lotniczych, co powinno przynieść wzrost rocznej produkcji z 50 tysięcy do 90 tysięcy sztuk. Jeden robot zainstalowany w zakładach General Dy-

namics w Fort Worth do produkcji myśliwca F-16 kosztował 60 tys. dolarów, lecz w ciągu pierwszego roku eksploatacji przyniósł oszczędności ok. 93 tysięcy dolarów.

Przykłady efektywnych zastosowań robotów można mnożyć. Wynika z nich opłacalność robotyzacji. Dodać należy jeszcze, że roboty wykonują np. prace w tunelach lakierniczych, przy manipulowaniu ciężkimi przedmiotami, w kuźniach, przy obsłudze pras itp., a więc wszędzie tam, gdzie w niektórych krajach prace te znajdują coraz mniej chętnych, nawet u tzw. gastarbeiterów. Mogłoby się wydawać, że w takim razie ludzie będą wykonywać prace lżejsze i atrakcyjniejsze, lecz i tu nie brak sceptyków. Pewien robotnik z Chryslera twierdzi: „Mówią, że dadzą roboty tylko do monotonnych zajęć, ale w fabryce samochodów innych zajęć przecież nie ma..."

Pojawiają się więc istotne problemy społeczne. Robot może pracować przez trzy zmiany, nie potrzebuje przerwy w pracy na śniadanie, nie bierze urlopów, w tym oczywiście urlopów macierzyńskich, nie domaga się renty. „Robot nie wzrusza się i nie podnieca. Gdy go ukłuć, nie uroni kropli krwi, a gdy go podtruwać — nie zemrze." Roboty są niezmordowane i... nie strajkują. Z przytoczonych wcześniej przykładów wynika jednak, że roboty po prostu pozbawiają ludzi miejsc pracy. W krajach kapitalistycznych o dużym wskaźniku bezrobocia robotyzacja przyczyni się niewątpliwie do zaostrzenia pewnych zjawisk społecznych. Roboty mają wielu entuzjastów, którzy, jak np. Isaac Asimov przewidują, że „roboty pozostawią ludziom nieodłączne ludzkie zajęcia — sport, rozrywki, badania naukowe. Wartość wielu rzeczy ulegnie zmianie, gdy produkty wytworzone przez maszyny spowszednieją. Każdy przedmiot wytworzony ręką ludzką ot, choćby para ręcznie zrobionych skarpetek, bę-

dzie rarytasem". Sądzi się także, że ogromny wzrost wydajności pracy uzyskany dzięki robotyzacji może być decydujący w rywalizacji gospodarczej. Zapomina się jednak o skutkach niepohamowanego wzrostu gospodarczego, które wcale nie muszą być pozytywne. Już od dawna nie brakuje głosów ostrzegających przed „filozofią wzrostu". I właściwie nie ma większej potrzeby przypominania o tym, że roboty mogą także produkować broń.

Powróćmy więc do innych jeszcze przykładów zastosowania robotów. Są one interesujące i mogą być źródłem wyśmienitych anegdot. Firma Unimate otrzymała zlecenie na opracowanie robota do skubania drobiu z piór, a w Australii trwają próby nad robotami do strzyżenia owiec. Japoński koncern Mitsubishi zaprojektował robota potrafiącego wzrokowo odróżniać różne gatunki wyłowionych ryb i sortować je. Advanced Robotics reklamuje robota-stróża, który na miejscu włamania zapytuje srogim głosem: „Co pan tu robi?", a następnie oślepia włamywacza swym reflektorem i przywołuje pomoc wyciem syreny. Projektuje się roboty, za 50 tysięcy dolarów, które nie tylko zajmują się sprzątaniem domostw i gotowaniem, lecz również ochroną mienia przed złodziejami, „najlepiej kucając gdzieś w kącie ciemnym i warcząc niczym potężne psisko".

Niedawno firma Robot Defence Systems w Thornton w stanie Colorado skonstruowała „programowalnego robota-obserwatora o logicznej reakcji na nieprzyjaciela". „Prowler" (Programmable Robot Observer with Logical Enemy Response), bo o nim mowa, wyposażony jest w dwa karabiny maszynowe typu M60 i w miotacz granatów, a także mikrokomputery, czujniki itp. Zadaniem jego ma być patrolowanie obszarów, np. baz wojskowych i lotnisk. Twórcy tej „zabawki" zaznaczają, że zawsze człowiek będzie de-

cydować o użyciu „Prowlera" przeciwko człowiekowi. Nie jest to jednak takie pewne. Należałoby się dziwić, by ktoś mógł pozwolić, żeby wśród ludzi kręciło się „coś tak głupiego jak uzbrojony robot", ale również naiwnością byłoby zakładać, że roboty nie będą używane podczas wojny. Może warto by już teraz obstawać przy tym, aby robot nigdy nie był zdolny do utworzenia własnej armii.

Wiele wskazuje zatem na to, że prawa robotyki sformułowane przez Isaaca Asimova w 1951 roku mogą utracić aktualność, że mogą przestać być po prostu prawami. Przypomnijmy je:

1. Robotowi nie wolno wyrządzić nic złego człowiekowi, nie może też przez brak czynnej reakcji dopuścić, aby człowiekowi stała się krzywda.

2. Robot musi wykonać każdy rozkaz człowieka, pod warunkiem, że rozkaz ten nie jest sprzeczny z Prawem Pierwszym.

3. Robot ma obowiązek chronić przed uszkodzeniem lub zniszczeniem swój mechanizm i powłokę, jeżeli taka ochrona nie koliduje z Prawem Pierwszym i Drugim.

Czy roboty mogą być groźne dla człowieka? O niektórych realnych zagrożeniach wspominaliśmy już. W powieści twórcy pojęcia „robot" Karela Capka maszyny buntują się. Radius — Robot o największym mózgu na świecie organizuje „bunt robotów", a jego pierwsza odezwa brzmi więcej niż groźnie „My pierwsza organizacja Uniwersytecka Robotów Marki Rossum, piętnujemy człowieka jako naszego wroga i stwierdzamy, że jest on wyrzutkiem społeczności wszechświata... Roboty wszystkich kontynentów świata! Rozkazujemy wam, byście wymordowali całą ludzkość. Nie oszczędzajcie mężczyzn! Nie oszczędzajcie kobiet. Zachowajcie w stanie nietkniętym fabryki, koleje, maszyny, kopalnie i zapasy surowca. Wszystko

inne musicie zniszczyć. Spełniwszy to zadanie wracajcie do pracy! Praca nie może ustać!" Warto zwrócić uwagę na to, że utopia Čapka powstała na kilkanaście lat przed pojawieniem się innego „programu", tym razem opracowanego przez ludzi, którzy realizując go doprowadzili do najstraszliwszej z wojen w dziejach ludzkości.

Zdarzyło się jednak, że człowiek padł ofiarą robota. W 1933 roku w USA na wystawie światowej „Stulecie postępu", konstruktor robota został uderzony opadającą nagle stalową ręką robota i poniósł śmierć. Miejmy nadzieję, że był to pierwszy i ostatni nieszczęśliwy wypadek tego typu.

Bywało także, że człowiek upodabniał się do robota, a stało się to w związku z automatyzacją linii produkcyjnych i było rezultatem „tayloryzmu" jako metody wzrostu wydajności pracy. Wspaniale przedstawił to Charles Chaplin w jednym ze swych największych filmów, a mianowicie w „Dzisiejszych czasach" pochodzących z 1936 roku.

Roboty budzą u ludzi nie tylko niechęć. Nie muszą być groźne i niesympatyczne. Robot medyczny Spartakus udziela pomocy kalekom. Naprzeciwko Spartakusa umieszczany jest fotel, w którym siedzi chory. Na poręczy fotela znajduje się dźwigienka, za pomocą której najmniejszy ruch ręką wprawia w ruch robota. Dla ludzi pozbawionych władzy w rękach dostępny jest inny model, sterowany ruchami głowy. Ramię jego zgina się, bierze szklankę, stawia przed chorym, potem bierze karafkę i nalewa wody do szklanki oraz podaje choremu słomkę. Spartakus kraje pożywienie, przewraca stronice książki, wykręca numer telefonu, pisze na maszynie. Projektanci innej firmy pracują nad robotem, który będzie delikatnie podnosił obłożnie chorego pacjenta, by pielęgniarka mogła zmienić pościel, a następnie złoży go z powrotem do

łóżka. Robot może być zatem przyjacielem człowieka.

Ale najzabawniejszy chyba przypadek wydarzył się w tłoczni u Forda w Chicago. Robot przezywany przez pracujących z nim robotników pieszczotliwie „Ziutek Łapa" niegdyś zaniemógł. Zasmuceni tym współpracownicy „Ziutka" zorganizowali przyjęcie by wypić za jego rychły powrót do zdrowia.

XII. Dialogi z maszyną, czyli o komputerach

„Oto nasza epoka, dumna z maszyn, które myślą i podejrzliwa wobec ludzi, którzy próbują robić to samo".

(H. Mumford Jones)

Skoro w tytule tego szkicu mówi się o dialogach, to nie powinno być dla nikogo zaskoczeniem, że rozpoczniemy od fragmentu pewnego dialogu. Pierwszego rozmówcę nazwijmy np. „Alfa", drugiego zaś — „Beta". Proponujemy też rozwiązanie następującej zagadki: Kim jest tajemniczy pierwszy rozmówca, a kim drugi? Aby ułatwić odpowiedź na to w gruncie rzeczy proste pytanie, dodamy tylko, że dialog nie pochodzi z książki, w której bohaterów ponazywano pierwszymi literami greckiego alfabetu, lecz z naprawdę znakomitego filmu. Ale do rzeczy

A.: „Mamy problem."

B.: „O co chodzi?"

A.: „Mam trudności z utrzymywaniem łączności z Ziemią. Kłopot jest związany z blokiem AE-35. Węzeł prognozujący uszkodzenia sygnalizuje, że blok ten może ulec uszkodzeniu w ciągu najbliższych 72 godzin."

B.: „Będziemy zwracali na niego uwagę. Sprawdźmy optyczne urządzenie naprowadzające."

A.: „Oto ono. W tej chwili jest jeszcze w porządku."

B.: „Czy wiesz, gdzie jest uszkodzenie?"

A.: „Ma charakter sporadyczny i nie mogę go zlokalizować. Wydaje się, że występuje w bloku AE-35."

B.: „Jak radzisz postąpić?"

A.: „Najlepszym wyjściem jest wymiana bloku na zapasowy, wówczas można będzie go sprawdzić."

B.: „W porządku. Prosimy o trwałą kopię".

Kinomani na powno odgadli natychmiast, że dialog ten pochodzi z arcydzieła filmu fantastyczno-naukowego, jakim niewątpliwie jest film Stanleya Kubricka pt.: „2001: Odyseja kosmiczna". Jednak nie o zagadki filmowe nam chodzi, lecz o zidentyfikowanie rozmówców. Nie nastręcza to zbytnich trudności, bowiem „Beta" to astronauta David Bowman — jeden z członków załogi pojazdu kosmicznego zmierzającego ku Jowiszowi. A „Alfa" to superkomputer pokładowy HAL 9000. Znający ten wspaniały film pamiętają zapewne, że HAL w pewnym momencie zbuntował się, zabił jednego z kosmonautów, zmuszając wpierw do opuszczenia statku (w celu naprawy bloku, o którym wspomina się w przytoczonym fragmencie dialogu). Spotkała go za to zasłużona kara, a scena „śmierci" HALA jest doprawdy przejmująca (David rozłącza poszczególne bloki jego pamięci).

Tak naprawdę, to nie chodzi nam ani o zagadkę filmową, ani o zagadkę cybernetyczną, a tym bardziej o przypominanie fabuły filmu, którą prawdziwi kinomani i tak znają na pamięć. Interesuje nas tylko i wyłącznie prowadzący dialog w języku naturalnym (angielski) i w dodatku ludzkim głosem HAL 9000. Jeden z krytyków filmowych pisał: „Mózg elektronowy ma imię, jak człowiek. Poza tym dysponuje ludzkim głosem. Jest to szczęśliwy zabieg z tym głosem. Pokazuje, jak ludzkie jest samo mówienie i jak się uczłowiecza przedmiot, kiedy to potrafii".

Należy jednak sądzić, że znacznie wcześniej niż

w 2001 roku, poprzednicy HALA będą prowadzić dialog z ludźmi częściej niż z okazji podróży międzyplanetarnych. Już dzisiaj komputery mogą być zaopatrzone w urządzenia do syntezy odpowiedzi w postaci mowy. Nie jest to jednak jeszcze „standardowe" wyposażenie komputerów. Pozostaje to tylko kwestią czasu...

Także wiele obecnych systemów zautomatyzowanych posiada układy dokonujące bieżącej kontroli i diagnozy stanów technicznych systemów, a także prognozujące stany niezawodnościowe. Dzieje się to bez udziału człowieka, który jest co najwyżej informowany o aktualnym i przyszłym stanie urządzeń (np. awarii określonego układu). Słowem, twórcy filmowego HALA zamiast „fantazjować", a wtedy rezultaty mogłyby być opłakane (na ekranach kin nader często oglądamy nie tyle efekty fantazji, ile absolutnej ignorancji naukowo-technicznej), po prostu zawierzyli konsultantom, ekspertom komputerowym. Być może stało się tak dlatego, że „2001: Odyseja kosmiczna" jest dziełem wybitnego reżysera S. Kubricka, wybitnego pisarza A. Clarke'a i... wybitnych specjalistów z NASA.

HAL 9000 był tworem człowieka, którego pod wieloma względami przewyższał. Jego możliwości były doprawdy imponujące. To wszystko działo się u zarania nowego wieku, do którego pozostało jakże już niewiele lat.

Jaka była droga rozwojowa maszyn, które już dziś zaczynają rozmawiać z człowiekiem? Warto zastanowić się nad dziejami pewnego pomysłu człowieka, aby stworzyć maszynę, która byłaby swoistym „wzmacniaczem intelektu".

Dzieje komputerów są długie, jak historia nauki, bowiem język, pismo, logika, automaty, cybernetyka i wyłoniona z niej informatyka są ściśle z sobą zwią-

zane. Należałoby zatem zacząć, jak zwykle, od starożytnych, na przykład od Arystotelesa, potem wypadałoby wspomnieć o arabskich matematykach i astronomach tworzących w IX wieku, wszak im zawdzięczamy cyfry arabskie i pojęcie algorytmu. Warto także wspomnieć o szkockim odkrywcy logarytmów, żyjącym w XVI wieku, Johnie Neperze, twórcy prostego urządzenia do wykonywania mnożenia i dzielenia na liczbach wielocyfrowych, a także W. Schickardzie, który w 1623 roku wynalazł pierwszą maszynę do dodawania i odejmowania, i wielu innych. Pierwszą prawdziwą maszynę do liczenia wynalazł Błażej Pascal w 1642 roku, a był to tzw. sumator szeregowy. Maszynę Pascala udoskonalił wielki niemiecki uczony Gotfryd W. Leibniz. Opracował on model arytmometru zwanego sumatorem równoległym. Ten jeden z największych uczonych XVII wieku wyrażał np. przekonanie, że: „nie ulega wątpliwości, że jakiś człowiek mógłby skonstruować maszynę, która byłaby zdolna przechadzać się jakiś czas po mieście i skręcać właśnie na rogach ulic". Chyba nieprzypadkowo N. Wiener uważał, że gdyby miał wybrać dla cybernetyki patrona, wybrałby Leibniza. W późniejszych latach do powstania komputerów przyczyniły się prace Ch. Babbage'a, który zaprojektował „maszynę analityczną", wykorzystującą ideę programowego sterowania przebiegiem obliczeń, oraz G. Boole'a — twórcy dwuelementowej algebry logiki. Wspomnieć trzeba o amerykańskim konstruktorze Hermanie Hollerith, który zapoczątkował rozwój maszyn licząco-analitycznych o elektronicznym odczycie danych i wykorzystujących karty dziurkowane. Hollerith zorganizował przedsiębiorstwo pod nazwą „Tabulating Machine Company", które w 1924 roku zostało przekształcone w firmę IBM (International Buissnes Machine) — — późniejszego największego potentata przemysłu

komputerowego. W tym samym czasie opublikowane zostały prace matematyczne E. Posta, S. Kleene'a, A. Churcha i A. Turinga poświęcone między innymi teorii algorytmów, a ściślej wykazaniu, że dany problem da się rozwiązać w sposób algorytmiczny.

W 1936 roku A. Turing wprowadził pojęciowo abstrakcyjną maszynę cyfrową, zwaną maszyną Turinga. Struktura tej maszyny zawiera dwa zasadnicze elementy: nieskończenie długą w obu kierunkach taśmę, podzieloną na jednakowe części, zwane komórkami oraz czytnik pozwalający na odbieranie symboli zapisanych na taśmie. Każda komórka taśmy może mieć zapisany w niej jeden z symboli, należących do pewnego skończonego słownika maszyny. Maszyna ma możliwość odbierania symbolu jednocześnie tylko z jednej komórki taśmy.

Na krótko przed wybuchem II wojny światowej C. Shannon zaprojektował pierwszy elektryczny sumator dodający liczby binarne (czyli w układzie dwójkowym), a w laboratoriach Bell Telephone zbudowano kalkulator liczb zespolonych. Zespół firmy IBM zbudował w 1944 roku pierwszy automatyczny kalkulator cyfrowy MARK 1, który miał około 17 m długości i około 3 m wysokości, a składał się z około 800 000 części. Zbudowany na elementach przekaźnikowych charakteryzował się bardzo niską niezawodnością. Niebawem przekaźniki zostały zastąpione lampami elektronowymi. W dniu 15 lutego 1946 r. powstała pierwsza elektroniczna maszyna cyfrowa nazwana przez jej konstruktorów (J. Eckerta i J. Mouchly z Uniwersytetu Pensylwania w Filadelfii) — ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). Po raz pierwszy pojawiła się nazwa „komputer". ENIAC składał się z 18 000 lamp i 1500 przekaźników, zajmował pomieszczenie o rozmiarach 9×15 m, ważył 30 t i zużywał 150 kW energii elektrycznej.

W latach czterdziestych intensywne badania naukowe prowadzi także John von Neumann, którego już w latach studenckich koledzy przezwali, z powodu zamiłowania do wszelkiego rodzaju mechanicznych zabawek, „doktorem Miraculum". Tak nazywał się dziwaczny bohater opowiadania E.T.A. Hoffmanna, konstruktor automatów, który zbudował Olimpię, lalkę naturalnej wielkości, podobną do żywej kobiety, i zakochał się w niej na zabój... I oto pojawili się kolejni „poszukiwacze Golema": prawdziwy, genialny uczony „doktor Miraculum" oraz fikcyjny twórca Olimpii. Ta z ś była może zapowiedzią późniejszych „seksomatów", które pojawiły się w latach siedemdziesiątych i były stworzone na wzór i podobieństwo kobiety a służyły... Zwróćmy jednak lepiej oczy ku prawdziwej kobiecie. W tej sferze „seksomaty" nie będą stanowić żadnej konkurencji. Chociaż w oryginalnym filmie Federico Felliniego, mechaniczna lalka wydaje się dostarczać większej satysfakcji niż żywe kobiety i to nie byle komu, lecz samemu Casanovie...

Po tej frywolnej dygresji powróćmy do dziejów ENIACA. Służył on długo, bowiem aż do października 1955 roku. Wykorzystywali go przede wszystkim uczeni pracujący w Los Alamos nad konstrukcją bomby wodorowej.

Projektem ENIACA zainteresował się genialny matematyk i jeden z najwszechstronniejszych uczonych XX wieku John von Neumann. Urodzony 28 grudnia 1903 r. w Budapeszcie, obdarzony nadzwyczajną pamięcią, wykazywał od wczesnej młodości wybitne zdolności. Studiował na Uniwersytecie Berlińskim, najpierw chemię, następnie matematykę, potem odbył studia na politechnice w Zurychu i na Uniwersytecie w Budapeszcie. Mając 24 lata zostaje docentem na Uniwersytecie Berlińskim, a potem w Hamburgu. W 1930 r. otrzymuje zaproszenie na wygłoszenie cy-

klu wykładów na Uniwersytecie w Princeton i opuszcza Europę. W Stanach Zjednoczonych pozostaje do końca życia. Trudno wymienić wszystkie zainteresowania naukowe Neumanna, a dodać trzeba, że we wszystkich dziedzinach osiągał wybitne rezultaty. Zajmował się teorią funkcji rzeczywistych, logiką matematyczną, teorią miary, geometrią ciągłą, topologią, rachunkiem operatorów, teorią prawdopodobieństwa itp. Był jednym z twórców teorii gier i zapoczątkował rozwój matematycznych modeli gospodarki. Pracował nad teorią kwantów i hydrodynamiką teoretyczną (m.in. zagadnieniem wzajemnego oddziaływania fal uderzeniowych), meteorologią i fizyką jądrową. Uchodzi za jednego ze współtwórców bomby wodorowej. Tak wspomina ten okres R. Jungk autor wspaniałej książki pt. „Jaśniej niż tysiąc słońc": „Teller bez trudu pozyskał swego rodaka von Neumanna dla idei «superbomby» w przeciwieństwie do Oppenheimera i innych badaczy atomowych, nękanych z początku wątpliwościami, matematyk węgierski natychmiast wyraził swą zgodę. Von Neumann zdawał sobie sprawę z tego, że jego nowa maszyna matematyczna odegra doniosłą rolę przy narodzinach «piekielnej broni». (...) Gdy von Neumann oddał do użytku ten nowy twór, dzieło swego umysłu, przyrząd wzbudził zachwyt wszystkich, którzy się nim posługiwali. (...) Problem, nad którym do tej pory trzech ludzi musiało pracować przez trzy miesiące, teraz ci sami trzej pracownicy rozwiązywali w niespełna dziesięć godzin. Stawiając zadanie fizyk nie czekał trzy miesiące na wynik niezbędny do kontynuowania pracy — maszyna matematyczna dawała tego samego dnia gotowe wyniki. (...) Tak więc maszyna matematyczna stała się głównym bohaterem przy budowie bomby wodorowej. Otrzymała, jak wszystkie inne «mózgi elektroniczne», własne imię. Von Neumann nadał je trochę

przydługą nazwę «Mathematical Analyzer Numerical Integrator and Computer». Z liter początkowych utworzono skrót MANIAC, który przyjął się wśród naukowców. A MANIAC znaczy również po angielsku — opętany."

Opracowując projekt maszyny cyfrowej, nazwanej na jego cześć JONIAC, oparł koncepcję na znajomości czynności mózgu ludzkiego. W tym celu studiował neurologię i psychiatrię, które doprowadziły von Neumanna do przekonania, że w maszynach można realizować pewne funkcje mózgu. Tym problemom poświęcił ostatnią swą pracę, przetłumaczoną także na język polski, „Maszyna matematyczna i mózg ludzki". Ostatnie dwa lata życia spędził w inwalidzkim wózku, trawiony przez raka kości.

Na krótko przed śmiercią został zaproszony przez Uniwersytet Yale do wygłoszenia wykładów, które złożyły się na wspomnianą wyżej książkę. Tak opisuje ten okres jego żona: „Mimo wielu wysiłków John nie mógł skończyć w terminie pisania zaplanowanych wykładów; tragiczny los sprawił, że w ogóle nie mógł ich napisać do końca. W początku kwietnia John został przyjęty do szpitala Waltera Reeda; nie opuścił już terenu szpitala do chwili swej śmierci, która nastąpiła 8 lutego 1957 roku. Nie dokończony rękopis wykładów powędrował z nim do szpitala, gdzie John parokrotnie jeszcze usiłował nad nim pracować, ale w tym czasie choroba wzięła nad nim górę i nawet tak wyjątkowy umysł nie mógł pokonać zmęczenia organizmu".

Najczęściej, klasyfikując maszyny cyfrowe używa się pojęcia generacji technologicznej. Ewolucje maszyn cyfrowych rozpatruje się jako przejście od jednej do drugiej generacji technologicznej, czyli po prostu od jednego do drugiego typu technologii podstawowych układów, charakteryzujących elektroniczną

część maszyn cyfrowych. Zmiany generacji technologicznych wyrażają postęp, jaki zaistniał w wyniku odejścia od klasycznej elektroniki lat czterdziestych do mikroelektroniki drugiej połowy lat siedemdziesiątych.

Rozwój technologiczny spowodował, że na początku lat sześćdziesiątych zaczęto odchodzić od koncepcji von Neumanna, która nie odpowiadała już nowym warunkom rozwojowym. Powstały maszyny wieloprocesorowe i systemy wielokomputerowe (tzw. sieci komputerowe tworzone przez wiele komputerów połączonych siecią telekomunikacyjną). Z zasobów komputera mogło, dzięki wielodostępności, korzystać jednocześnie wielu użytkowników, w taki sposób, że każdy z nich odnosił wrażenie, że tylko on jeden ma do dyspozycji „cały" komputer. Szybkość wykonywania obliczeń (np. mnożeń) przekroczyła rząd kilkudziesięciu milionów operacji na sekundę. Uważa się, że niebawem osiągnie wartość miliarda.

W 1971 roku nastąpiło wydarzenie o znaczeniu, jak się niemal powszechnie ocenia, rewolucyjnym dla rozwoju techniki komputerowej. Wtedy to w firmie Intel wykonano pierwszy mikroprocesor. Przypomnijmy, że układ arytmetyczno-logiczny i układ sterowania tworzą razem tzw. jednostkę centralną komputera zwaną procesorem. W skład jej wchodzi na ogół również akumulator i kilka komórek pamięci. Mikroprocesor jest układem scalonym wielkiej skali integracji, zawierającym jednostkę centralną komputera. Mikroprocesor nie jest układem samodzielnym, lecz może wchodzić w skład większych struktur. Jeśli mikroprocesor współpracuje z pamięciami i układami wejścia — wyjścia, to tworzy całość zwaną mikrokomputerem.

Bardzo szybko, po wykonaniu pierwszego mikroprocesora, pojawiły się tzw. mikrokomputery biurko-

we i komputery osobiste, czyli mikrokomputery wyposażone w kilka jednostek pamięci kasetowej, barwny monitor ekranowy z piórem świetlnym, maleńką drukarką termiczną itp. Do zapamiętywania programów i zbiorów danych najczęściej wykorzystywany jest zwykły magnetofon kasetowy i kasety Compact.

Mikrokomputery, poza spełnianiem wielu użytecznych funkcji, stały się fantastyczną wprost zabawką. W rękach zdolnego programisty stały się narzędziem uczącym i bawiącym zarazem. Jego możliwości związane z projektowaniem różnych gier i zabaw są dziś już wprost nieograniczone. Na całym świecie ulubioną zabawą dzieci staną się niebawem gry komputerowe typu: „Hungry Harry", „Lądowanie na Księżycu", przeróżne wersje ziemskich i „Gwiezdnych wojen" itp. Powstał nowy przemysł gier komputerowych, a dzieci już dziś wymieniają między sobą programy komputerowe tak, jak jeszcze niedawno wymieniały znaczki, plakaty itp.

Mikroprocesory stają się elementem różnorodnych urządzeń powszechnego użytku: pralek, lodówek, kuchenek, urządzeń radiotechnicznych, aparatów fotograficznych (człowiekowi pozostaje tylko wybór obiektu i zwolnienie migawki) itd. itp.

Samochody zostają wyposażone w mikrokomputery pokładowe, dzięki którym można w dowolnej chwili odczytać na wskaźniku cyfrowym takie dane, jak: dokładny czas, czas pracy silnika liczony od wybranego momentu, przebytą drogę, ilość zużytego paliwa w litrach, zużycie paliwa w litrach/km, średnią prędkość jazdy w km/h itp. Mikrokomputery sterują silnikiem dla uzyskania optymalnych warunków pracy oraz zapewniają stałą diagnostykę silnika (stan zapłonu, podciśnienia itp.), a także wpływają na zwiększenie bezpieczeństwa jazdy (kontrola zapięcia pasów, zamknięcia drzwi, programowanie hamowania, stero-

wanie urządzeniem antypoślizgowym, a nawet... kontrola spożycia alkoholu przez kierowcę).

We współczesnych samolotach funkcjonują systemy wielomikroprocesorowe. Uczestniczą one w sterowaniu i nawigacji, sterowaniu i kontroli silników i ruchomych powierzchni aerodynamicznych (sterów, lotek, klap), zwiększeniu bezpieczeństwa i komfortu.

Przytoczone przykłady nie wyczerpują listy zastosowań superkomputerów (meteorologia, fizyka jądrowa, systemy obrony powietrznej, sterowanie lotami kosmicznymi), mini- i mikrokomputerów. Komputery są „gadżetem", fantastyczną zabawką i wspaniałą pomocą dydaktyczną i badawczą, nieodzownym elementem systemów zarządzania i dowodzenia, jednym z najpowszechniej stosowanych urządzeń technicznych.

Program Apollo-11, w lipcu 1969 roku, praktycznie we wszystkich swych etapach polegał na komputerach. Przed startem astronauci „odbywali" symulowane przez komputery loty, potem statek kosmiczny sterowany był przez komputer decydujący o tym, które silniki mają być uruchomione i kiedy, czerpiąc dane z innego komputera, znajdującego się na Ziemi. Kiedy Apollo zbliżał się do Księżyca, komputer spowodował odpalenie rakiety do lądowania, zmniejszył szybkość lotu statku, po czym zasygnalizował Armstrongowi, że ma pięć sekund na podjęcie decyzji, czy Apollo będzie lądował itp. Czy można więc powiedzieć, że komputery wysłały człowieka na Księżyc? Oczywiście, że nie. Maszyna jest jedynie środkiem. Człowieka przywiodło na Księżyc jego pragnienie dotarcia tam — pragnienie, które jest może jeszcze jednym z tych elementów myślenia, których komputer nie może ani symulować, ani doświadczać. Żadna maszyna nie wysłałaby człowieka na Księżyc, gdyby myśl o Księżycu nie tkwiła w człowieku.

Bardziej przekonująca może być opinia eksperta w dziedzinie elektroniki S. Madnicka z MIT: „Gdyby podobny postęp dokonał się w przemyśle samochodowym, to Rolls-Royce'a można byłoby kupić za 2,5 dolara i przejechać dwa miliony mil zużywając na to galon benzyny". Dodajmy tylko, że galon to 3,8 litra. Fantastyczne? Niewątpliwie, zwłaszcza gdy porówna się, służącego do najnowocześniejszych wówczas i supertajnych badań, ENIACA z możliwościami malutkiego komputerka, którym dziś bawią się dzieci. A czasy te dzieli aż (dopiero?) niecałe czterdzieści lat.

Niezwykle dynamicznie rozwija się sprzedaż mikrokomputerów osobistych. Przewiduje się, że w 1989 roku sprzedanych zostanie ok. 23 mln mikrokomputerów do celów domowych i biurowych, co spowoduje, że co drugie gospodarstwo domowe mieć będzie jeden lub więcej komputerów osobistych, a ok. 40% wszystkich pracowników biurowych korzystać będzie z tych urządzeń.

Jeszcze dalej w przewidywaniach posuwają się publicyści słynnego „Playboya" — „Futuryści powiadają nam, że biuro — takie, jakie znamy dziś — zniknie, kiedy pracę koncepcyjną przejmą komputery. Nie jesteśmy zachwyceni tą perspektywą. Biuro — to dobra rzecz. Po pierwsze, masz miejsce, do którego wchodzisz rano i z którego możesz wyjść po południu. Już to jest dobre! Poza tym możesz jeszcze skoczyć sobie na kawę z kolesiami, kiedy masz ochotę. Niezła jest też strona finansowa. W biurze znajdziesz osoby, od których możesz pożyczyć pieniądze lub, które możesz naciągnąć, żeby ci coś postawiły. W biurze odbywają się imieniny. Jeszcze ważniejsze jest to, że w biurze pracują kobiety, na które możesz patrzeć, rozmawiać z nimi, o których możesz marzyć, flirtować lub nawet ożenić się z nimi. Czy z komputerem byłoby to możliwe?"

Wyrażono niegdyś opinię, iż „Przyszłość leży w zaprojektowaniu i sprzedaży takich komputerów, by ludzie w ogóle nie orientowali się, że mają do czynienia z komputerami". Być może stanie się tak za sprawą komputerów V generacji, do realizacji których przystąpiły Japonia i Stany Zjednoczone. Mówi się o rywalizacji tych dwóch potęg elektronicznych i sądzi, że do tego, kto rozstrzygnie ją na swą korzyść należeć będzie dominacja na światowych rynkach. Amerykanie nazwali swój program badawczo-rozwojowy „n+1"; gdzie „n" oznacza generację komputerów projektowanych przez Japończyków. Nie brak także i głosów sceptycznych, podejrzewających, że komputer V generacji jest po prostu „chwytem reklamowym w stylu japońskim". Cóż, niebawem wszystko się wyjaśni, gdyż wkrótce miną terminy pierwszych zapowiadanych rewelacji. Na wszelki wypadek warto zapoznać się z koncepcją japońską, która narodziła się pod koniec lat siedemdziesiątych, a w październiku 1981 roku została zaprezentowana w Tokio na konferencji „Systemy informatyczne piątej generacji".

O ile poprzednie generacje komputerów wyróżniano ze względu na rodzaj technologii podstawowych układów elektronicznych, o tyle komputery V generacji wyróżniono przede wszystkim ze względu na rozwiązania organizacyjno-koncepcyjne.

Główne cechy tych komputerów są następujące:

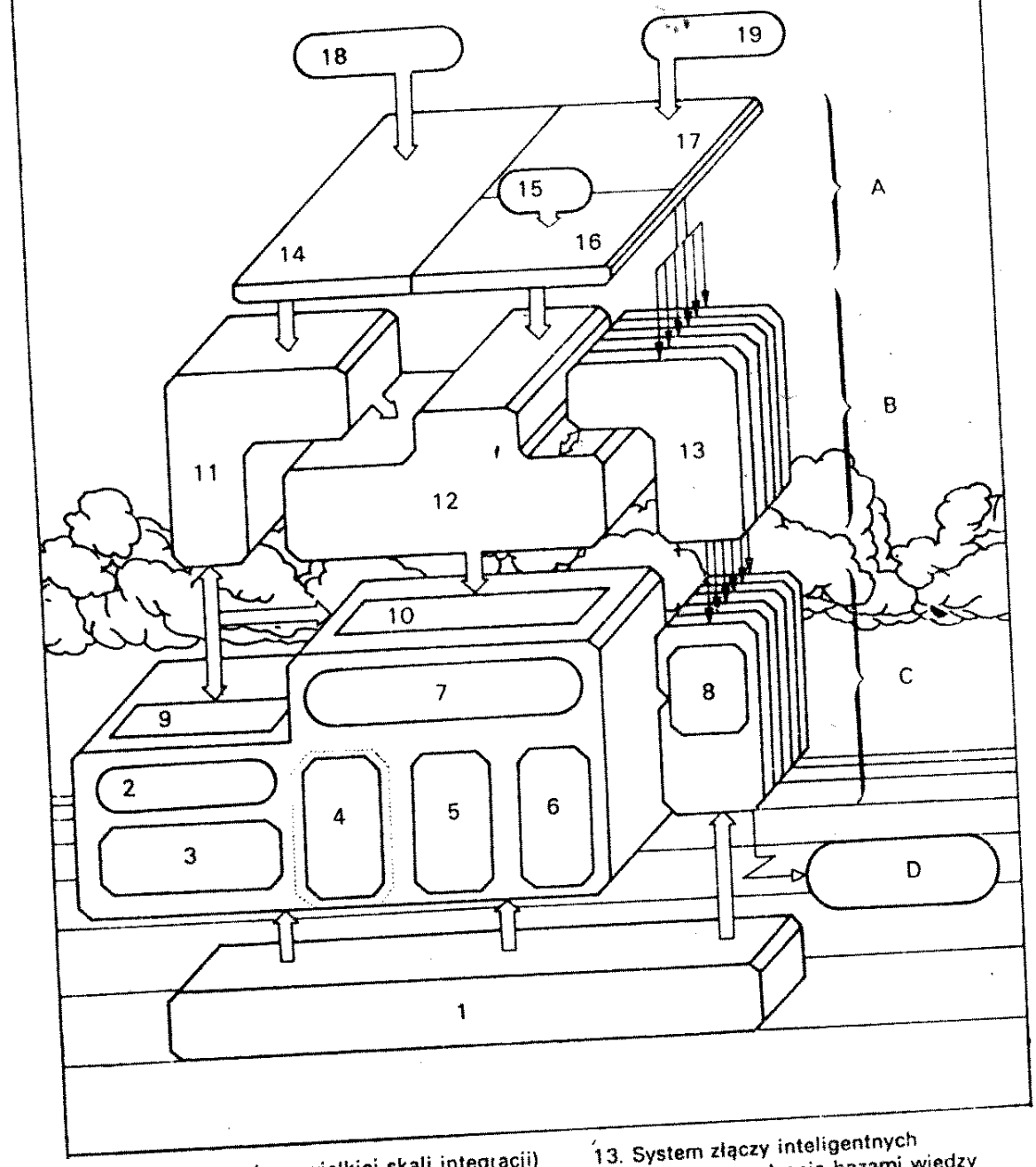
— dostęp do komputera odbywać się będzie przy pomocy mowy ludzkiej oraz obrazów graficznych,

— komputer będzie zdolny do prowadzenia z człowiekiem „inteligentnego" dialogu (komunikacja typu „pytanie — odpowiedź"),

— komputer będzie posiadał zdolność uczenia się, a także kojarzenia treści wyrażonych zadań.

Pod względem technologii elektronicznych zastoso-

Model komputera V generacji



1. Architektura VLSI (układy scalone wielkiej skali integracji)
2. Algebra relacyjna
3. Mechanizm relacyjnej bazy danych
4. Mechanizm wspomagania abstrakcyjnych typów danych
5. Mechanizm przetwarzania strumieni danych
6. Zmodyfikowana maszyna von Neumanna
7. Język logicznego programowania
8. Maszyna utrzymywania kontaktów osobistych
9. Maszyna bazy wiedzy
10. Maszyna rozwiązywania problemów
11. System zarządzania bazami wiedzy
12. System rozwiązywania problemów
13. System złączy inteligentnych
14. System zarządzania bazami wiedzy
15. System rozwiązywania problemów
16. Język podstawowy
17. System złączy inteligentnych
18. Język zapytań wysokiego poziomu
19. Dostęp za pomocą języka naturalnego

A. Zewnętrzne złącza bazowego systemu programowania
B. Bazowy system programowania
C. System techniczny
D. Sieć z rozłożonymi funkcjami

wanych do budowy poszczególnych układów komputera, projekt nie zawiera żadnych rewelacji, gdyż oparty jest na układach scalonych bardzo wielkiej skali integracji. Zasadniczym innowacyjnym elementem systemu jest tzw. baza wiedzy. Zastępuje ona pojęcie „bazy danych", używane we współczesnych systemach informatycznych dla oznaczenia wspólnych zbiorów danych, dla różnych programów i o strukturze niezależnej od struktury programów (wiele programów może korzystać ze wspólnych dla nich zbiorów danych, systematycznie aktualizowanych, stanowiących formę integracji informacyjnej użytkowników systemu informatycznego).

W przypadku komputerów V generacji chodzi o reprezentację wiedzy a nie danych; nie o bazy danych, lecz o bazy wiedzy. Chodzi tu o przetwarzanie tekstów języka naturalnego jako najbardziej uniwersalnego i powszechnego środka komunikowania się ludzi między sobą, formułowania problemów, poglądów, wyrażania myśli i uczuć, wydawania poleceń i rozkazów itp. A kierują tym po prostu względy praktyczne — stworzenie systemów komputerowych wspomagających działalność ludzką w różnych dziedzinach, zwłaszcza w tych, w których korzystanie ze sztucznych języków programowania obniżałoby efektywność tych systemów. Charakterystyczną cechą takich systemów jest konieczność przechowywania dużych zasobów wiedzy, reprezentacji wiedzy, rozumienia przez system języka naturalnego. Najczęściej rozumienie jakiegoś tekstu sprawdza się przez zadanie szeregu pytań typu: „dlaczego?", „w jakim celu?", „skąd wiadomo, że..." itp. Można to sprawdzić na przykładzie dialogu przedstawionego na wstępie. Nie ma wątpliwości, że HAL rozumie, co do niego mówi David. HAL dysponuje zapewne „bazą wiedzy", gdyby bowiem posiadał jedynie „bazę danych", to mógłby na

pytanie Davida o stan urządzeń dać odpowiedź wyrażającą np. w postaci liczby godziny sprawnej pracy określonego bloku, lecz nie potrafiłby zinterpretować jej, nie mówiąc już o tym, żeby powiązać to z planowaną intrygą.

A zatem przetwarzanie języka naturalnego. Realizacja systemu pozwalającego na rozmowę z komputerem w języku naturalnym oraz systemu automatycznego tłumaczenia, rozpoznającego i generującego mowę. W tej ostatniej dziedzinie, po wieloletnich pracach nad analizą i syntezą mowy, już od dość dawna synteza nie sprawia większych kłopotów technicznych. Urządzenia rozpoznawania mowy stosowane są już także w wielu systemach, na przykład w niektórych samolotach naddźwiękowych piloci sterują wieloma urządzeniami pokładowymi wyłącznie swoim głosem, dzięki czemu uwolniło im to ręce; na lotniskach amerykańskich ludzkim głosem steruje się rozdziałem bagaży podróżnych (urzędnik wymienia nazwę miasta, a maszyna kieruje walizki w odpowiednich kierunkach), we francuskich laboratoriach za pomocą głosu steruje się robotami stosowanymi w medycynie itp. Obecnie Japonia jest jedynym obok USA krajem, w którym urządzenia do rozpoznawania mowy znajdują się normalnie w sprzedaży.

Poza komunikacją głosową duże znaczenie w systemach komputerowych mają układy graficzne, albowiem ze wszystkich zmysłów człowieka, jako kanałów informacyjnych, wzrok wykazuje największą efektywność — niemal 80% informacji odbieranej z otaczającego nas świata dociera przez system wzrokowy. W komputerach V generacji zapewniona ma być komunikacja z maszyną, zarówno za pomocą języka naturalnego, jak i obrazów.

Jeśli chodzi o rozwiązania strukturalne, to w japońskim projekcie przewiduje się wykorzystanie ar-

chitektury mikroprocesora strumieniowego, rozwój maszyny o dużej równoległości wykonywania programów, co zapewnić ma język typu PROLOG. Ponadto wyróżnia się takie układy, jak system rozwiązywania problemów, co sugeruje wykorzystanie dotychczasowych osiągnięć w dziedzinie tzw. sztucznej inteligencji.

Jeżeli zostanie praktycznie zrealizowany projekt komputerów V generacji, to wydaje się, że zostanie przekroczona pewna bariera możliwości maszyn cyfrowych. Aby poznać granice poznania, należy po prostu przekroczyć je...

Na początku lat siedemdziesiątych opracowano, także w Japonii, raport dotyczący rozwoju techniki komputerowej. Warto zapoznać się z zawartymi w nim prognozami (daty oznaczają początek i zakończenie opracowania):

— produkcja przemysłowa urządzeń odczytujących dokumenty i rękopisy (1982—1989),

— produkcja przemysłowa urządzeń do wprowadzania danych głosem (1983—1990),

— opracowanie technik rozpoznawania obrazów z szybkością, z jaką czyni to człowiek (1982—2000 i dalej),

— produkcja maszyn do automatycznego tłumaczenia „na żywo" (1991—2000 i dalej),

— opracowanie wysokotrwałych elementów pamięciowych odpornych na oddziaływania elektromagnetyczne, zakłócenia elektryczne, działanie ognia itp. (1990—2000 i dalej),

— przemysłowe wytwarzanie pamięci holograficznych z odczytem laserowym (1981—1988),

— opracowanie komputerów zdolnych do przetwarzania asocjacyjnego (1986—1994),

— opracowanie komputerów zdolnych do przetwarzania adaptacyjnego (1986—1994),

— opracowanie komputerów samouczących się (1984—1992),

— opracowanie komputerów samoregenerujących się (1986—1995),

— opracowanie języka programowania zbliżonego do języka naturalnego (1987—1995),

— programowanie komputerów za pomocą wejść głosowych (by voice input) (1986—1994),

— opracowanie monitorów ekranowych do przedstawiania obrazów trójwymiarowych (1983—1989),

— przemysłowa produkcja płaskich monitorów ekranowych realizowanych techniką ciekłych kryształów, plazmową itp. (1979—1986).

Tyle o prognozach. A co mówią fakty? Obecnie trudno nadążać za innowacjami informatycznymi, zwróćmy więc uwagę jedynie na kilka z nich:

— w 1974 r. powstają hemiquiony, dwustanowe pod względem rozkładu ładunku cząstki chemiczne,

— w 1977 r. powstaje patent na „organiczny chip" sterowany bioprądem (chip — struktura układu scalonego),

— w 1978 r. firma EMV — Associetes stosuje do budowy „organicznych chipów" proteiny, których cząstki łączą się w układy scalone o pojemności 10^7 razy większej niż w elektronice.

Chociażby z przytoczonych faktów wynika, że rozwój naukowo-techniczny zmierza do budowy komputera biologicznego wykorzystując zapisy genetyczne. Wizja Golema staje się nie tylko realna, ale i bliższa niż to mogłoby się wydawać.

Większość z wyróżnionych innowacji, przewidywanych w dziedzinie techniki komputerowej, znajduje zastosowanie w koncepcji komputerów V generacji. Wszystko, co powiedzieliśmy wyżej o komputerach jest już obecnie realizowane lub znajduje się w fazie bardzo zaawansowanych prac badawczo-rozwojowych.

Należy wyrazić przekonanie, że jeszcze w tym wieku pojawią się komputery V generacji i to niekoniecznie takie, jak zakładano w projekcie japońskim.

Realizm podpowiada, aby najpierw doczekać się mikrokomputerów osobistych dostępnych dla każdego, a potem czekać na komputery V generacji z nadzieją i chyba pewnym niepokojem. One jednak określają przyszłość maszyn, z którymi człowiek może prowadzić dialog. Przyszłość leży, podobno, w zaprojektowaniu i sprzedaży takich komputerów, by ludzie w ogóle nie orientowali się, że mają do czynienia z komputerami.

Opowiadano, że na ścianach w laboratoriach potentata komputerowego IBM można odczytać hasło: „DON'T THINK — COMPUTE", co należy tłumaczyć: „Nie myśl — licz" Chodzi zapewne o to, żeby nie zaprzątać sobie głowy sprawami, które lepiej wykona komputer. I słusznie! Ale w innych laboratoriach tej samej firmy wywieszono hasło „mobilizujące" następującej treści: „THINK!" i nic więcej. I więcej nie trzeba, gdyż w epoce komputerów V (i dalszych) generacji myślenie będzie miało nie tylko kolosalną przeszłość, ale i nadal kolosalną przyszłość.

XIII. Lepsze wrogiem dobrego, czyli o badaniach operacyjnych

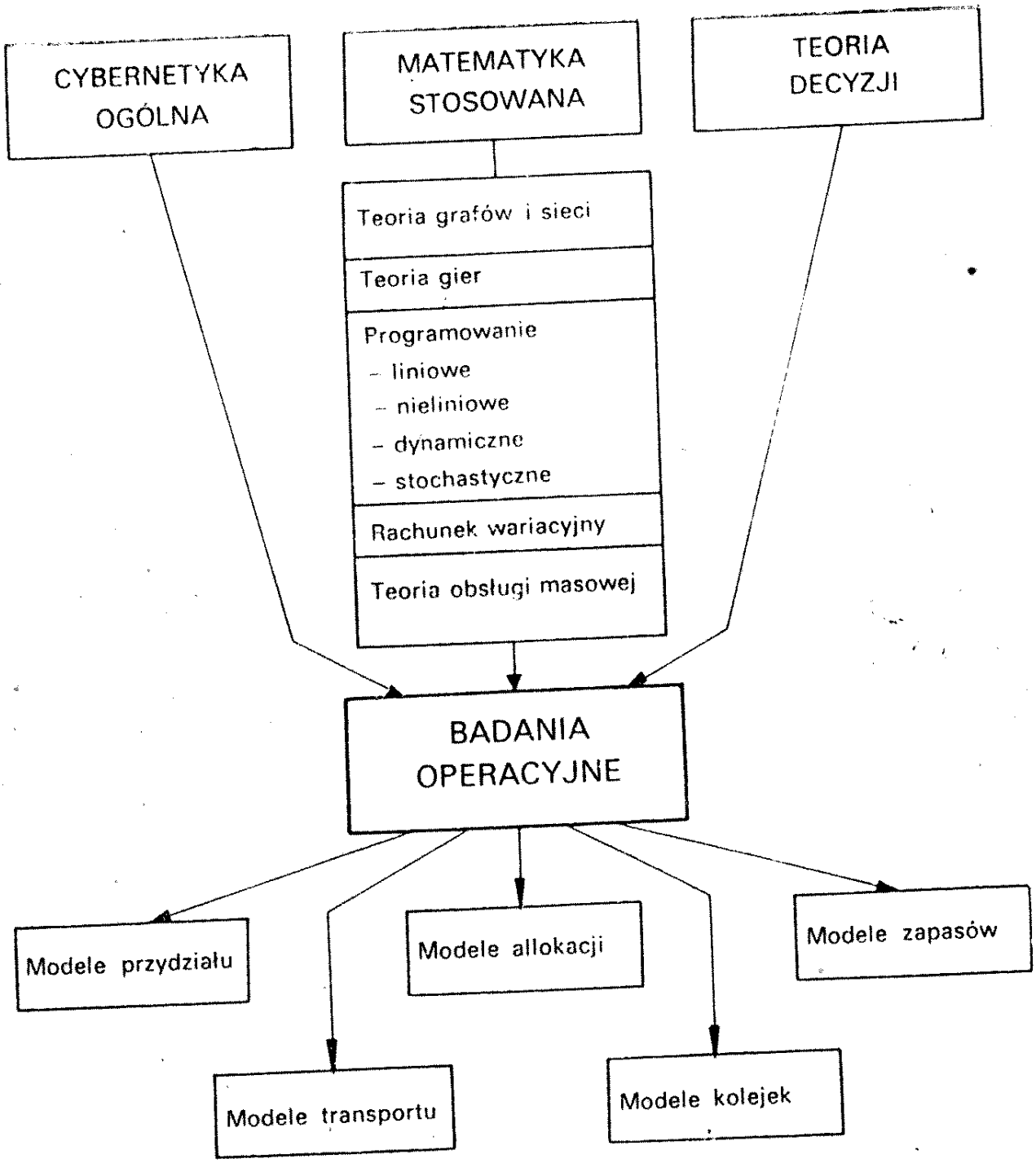
„Lepsze jest śmiertelnym wrogiem dobrego".

(Montesquieu)

W oficjalnym raporcie rządu brytyjskiego znalazła się ocena tych osiągnięć nauki, których wkład w dzieło obrony kraju przed inwazją hitlerowską był największy. Najwyższe noty uzyskały: radar, sonar i badania operacyjne. Tak wysoką ocenę uzyskały badania operacyjne (BO) we wczesnym okresie swego rozwoju (narodziły się w Anglii w 1940 roku), który, jak się miało okazać, należał do najbardziej chlubnych.

Kilkanaście lat później, gdy odtajniono klasyczną dziś pracę G. Kimballa i P. Morse'a (w 1951 r.), nastąpił kolejny okres wyjątkowego wprost zainteresowania badaniami operacyjnymi, traktowanymi jako dział cybernetyki. Takie potraktowanie BO było zrozumiałe, nie tylko dlatego, że angażowały one wysiłek czołowych cybernetyków. Istotny jest chyba inny powód, a mianowicie; grupy BO były pierwszym autentycznym i formalnie powołanym do życia zespołem interdyscyplinarnym.

Zainteresowanie BO wywołało przekonanie, oparte na relacjach o sukcesach grup BO w czasie II wojny światowej, że metodami matematycznymi zastosowanymi lub stworzonymi przez te grupy uda się rozwiązać większość problemów organizacyjnych, planisty-

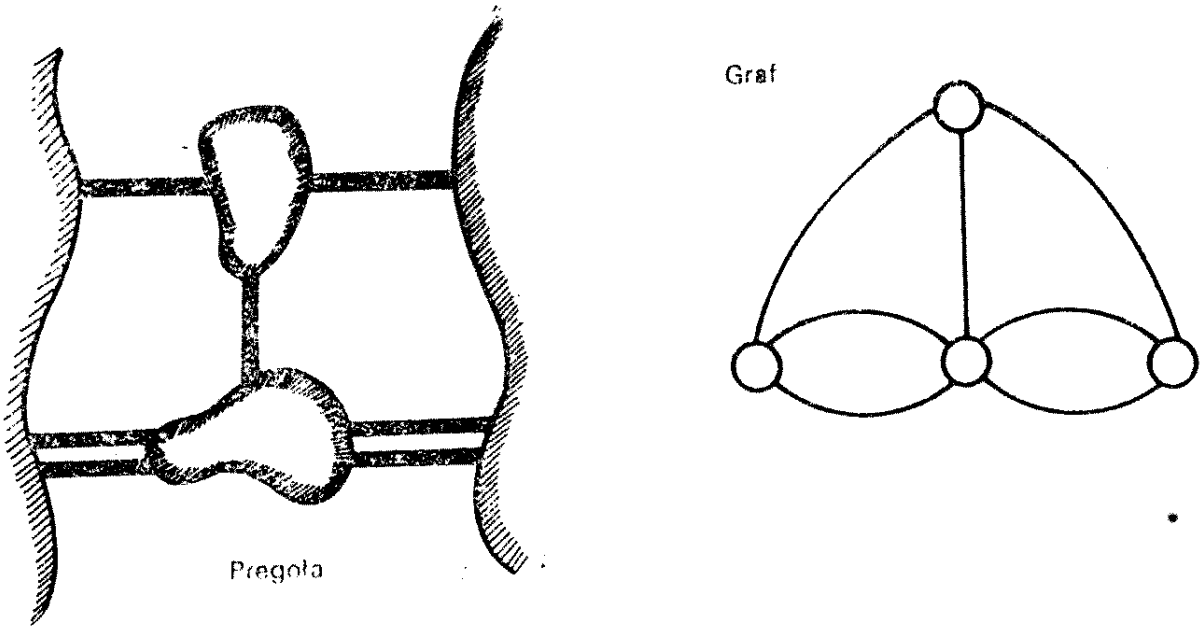


Struktura badań operacyjnych

cznych, decyzyjnych, z którymi borykali się decydenci wojskowi i cywilni.

Później wrzawa wokół BO ucichła, a zainteresowanie nimi nieco osłabło. BO zdominowali matematycy rozwijając metody optymalizacji. Obecnie można nawet spotkać się z opinią określającą aktualny stan rozwoju BO jako „uwiąd starczy młodej profesji".

Cofnijmy się w jeszcze bardziej odległą przeszłość, aby prześledzić kilka przykładów aktywności ludzi, przykładów dobrze oddających istotę BO. Nie należy przy tym zapominać, że cybernetyka była także rozumiana, np. przez L. Couffignala, jako sztuka zapewniania skuteczności działaniom ludzkim. Zaczątków BO można byłoby upatrywać zarówno w I Ching — Księdze Przemian, chińskiej wyroczni sprzed dwu i pół tysiąca lat, w dziele „Książę" N. Machiavellego, w „Próbach" Montaigne'a, w spostrzeżeniach na temat wojny Clausewitza i wielu innych. Osobny nurt stanowią prace teoretyków i praktyków tzw. naukowej organizacji pracy, takich jak: F. Taylor, K. Adamiecki, H. Fayol, H. Emerson, F. Gilberth i innych. Reguły sprawnego działania formułował T. Kotarbiński w „Traktacie o dobrej robocie". W związku z tym, że do tych prac i ich twórców „przyznaje się" równie chętnie prakseologia i nauka o organizacji i kierowaniu, w dalszych rozważaniach uwagę naszą zwracać będą ci, którzy w działaniach praktycznych stosowali metody stricte matematyczne. Z pewnością na pierwszym miejscu należy wymienić szwajcarskiego matematyka Leonarda Eulera, który otrzymał zadanie wyboru trasy wycieczek po Królewcu, aby przez każdy z siedmiu mostów na Pregole przejść jeden i tylko jeden raz. Euler rozwiązał to zadanie, wykazując, że taka trasa po prostu nie istnieje. Tym samym zapoczątkował ważną dziedzinę badań, od której rozpoczął się rozwój teorii grafów. Znalazła



Problem mostów w Królewcu i odpowiadający im graf Eulera

ona kilka wieków później zastosowanie w wielu, dziś już klasycznych, zadaniach BO. Idee dziewiętnastowiecznego matematyka irlandzkiego G. Boole'a stanowią dziś narzędzie rozwiązywania tzw. zadań przydziału, związanych z optymalizacją dyskretną. Rosyjski matematyk A.A. Markow stworzył dziedzinę teorii procesów stochastycznych (przypadkowych), nazwaną jego imieniem (łańcuchy i procesy Markowa), która jest do dziś nie zastąpiona podczas rozwiązywania zadań dotyczących niezawodności urządzeń, ich wymiany, organizacji tzw. systemów masowej obsługi. Z tymi ostatnimi zadaniami wiąże się również nazwisko duńskiego inżyniera A. Erlanga, który projektując centrale telefoniczne zapoczątkował rozwój teorii obsługi masowej, zwanej także teorią kolejek. Praktyczne zastosowania teorii prawdopodobieństwa wiele zawdzięczają pracom radzieckich matematyków A.N. Kołmogorowa, A.J. Chinczyna i B.I. Gniedenko. Powstanie teorii gier, znajdującej zastosowanie do rozwiązywania konfliktowych sytuacji decyzyjnych jest dziełem H. Steihnausa i J. von Neumanna. Pionierską pracą w dziedzinie zastosowania algebry li-

niowej w systemach produkcyjnych jest praca ra-
dzieckiego matematyka L.W. Kantorowicza z 1939
roku. [30]

W sierpniu 1940 r. w Wielkiej Brytanii ówczesny szef obrony przeciwlotniczej, gen. Pile, powołał przy swym dowództwie pierwszą w historii grupę BO. Kierownictwo jej powierzono słynnemu fizykowi, laureatowi Nagrody Nobla, P.M. Blackettowi. Zorganizował on dziesięcioosobową grupę, złożoną z trzech fizjologów, trzech fizyków, dwóch matematyków, astronoma i... jednego oficera. Skład grupy wywołał zdziwienie z powodu obecności jednego tylko „fachowca", specjalisty od artylerii przeciwlotniczej. Być może Blackett podzielał opinię, iż doświadczenie „łatwo zdobyć, trudno wykorzystać, a najtrudniej się go... pozbyć". Chodziło bowiem o nowe spojrzenie, nie obciążone dotychczasowymi doświadczeniami (gdyby było je łatwo wykorzystać, to z pewnością niepotrzebna byłaby pomoc specjalistów „cywilnych"). „Cyrk Blacketta" odegrał, jak się potem okazało istotną rolę w czasie bitwy o Anglię. W marcu 1941 r. część „cyrku Blacketta" otrzymała nowe zadanie. Polegało ono na opracowaniu zasad wykrywania niemieckich łodzi podwodnych za pomocą samolotów wyposażonych w stacje radiolokacyjne. Blackett określił anali-

---

30) Rozwój metod matematycznych i ich zastosowań wiąże się ponadto z pracami takich uczonych, jak: G.B. Dantzig, R. Bellman, C.R. Ford, D.R. Fulkerson, D.G. Kendall, R.L. Ackoff, P. Wolfe, H.W. Kuhn, A.W. Tucker, T. Koopmans, L. Hurwicz, K.J. Arrow, S. Karlin, D. Blackwell, L.S. Shubik, C. Churchman, D. Gale, A. Kaufman, R. Faure, L.S. Pontriagin, W.G. Bołtianski, S.I. Zuchowicki, E.S. Wentcel, N.N. Mojsiejew, J.W. Czujew, A.A. Korbut, N.P. Buslenko, N.N. Worobiow. Padło tu bardzo wiele nazwisk. Z pewnością można byłoby wymienić ich znacznie więcej. Wśród nich powinien się znaleźć twórca matematycznej teorii walki W.F. Lanchester, a także niemało polskich matematyków.

tycznie, ile eskadr lotniczych potrzeba, aby każdy okręt podwodny, wykryty przy próbie przedostania się przez Zatokę Biskajską, zmusić do natychmiastowego zanurzenia się. Po ponownym wynurzeniu się należało atakować go do chwili, gdy okręt podwodny z braku naładowanych akumulatorów nie będzie w stanie już więcej się zanurzyć. Wtedy łatwiej było go zatopić. Wiadomo było bowiem, że czas zanurzenia okrętu podwodnego nie może przekroczyć 4 godzin. Łatwe było określenie odległości, jaką może przebyć okręt podwodny, oraz miejsce jego prawdopodobnego wynurzenia. Działalność grup BO w tej dziedzinie przyniosła wzrost strat niemieckich okrętów podwodnych siedmiokrotnie, zadawanych przez marynarkę wojenną i siedmiokrotnie — przez lotnictwo. Ponadto usprawniono organizację konwojów, ustalając optymalną liczbę okrętów w konwoju, zapewniającą minimalizację ponoszonych strat. W analizie efektywności obrony konwojów jako kryterium optymalizacji przyjęto stosunek liczby zatopionych okrętów podwodnych do liczby zatopionych statków handlowych. Wzrost strat niemieckich okrętów podwodnych spowodował zaniechanie ataków na konwoje. Był to niewątpliwy skutek działalności grup BO w Wielkiej Brytanii. Innym przedmiotem analizy były doświadczenia bojowe lotnictwa w okresie „bitwy o Anglię". Stwierdzono, na przykład, że prawdopodobieństwo strat własnych lotnictwa zmniejsza się prawie trzykrotnie, gdy liczba lotów bojowych wzrasta od jednego do sześciu, przy czym okazało się, że szybsze o około 40 węzłów myśliwce „Spitfire-9" posiadały dwukrotnie mniejsze straty od wolniejszych myśliwców „Spitfire-5". W różnych grupach BO do końca wojny w Anglii było zaangażowanych 365 naukowców.

W tym samym czasie rozpoczęły działalność grupy BO w Stanach Zjednoczonych. W 1942 r. powołano

takie grupy przy wszystkich dowództwach lotnictwa oraz zorganizowano szkolenie przyszłych ich członków przy uniwersytecie w Princeton i MIT. Rok później powołano specjalne grupy BO, zajmujące się głównie rejonem Pacyfiku.

Istnieje ponadto wzmianka, iż podczas planowania inwazji aliantów w Normandii w czerwcu 1944 roku (operacja „Overlord") generałowie Patton i Bradley mieli możność dokonania wyboru planu operacji spośród licznych opracowanych wariantów działań.

Po wojnie nastąpił drugi okres rozwoju BO. Długo jeszcze przeważały zastosowania wojskowe, związane bądź z wyborem nowych typów uzbrojenia, bądź z planowaniem przewidywanych działań wojennych. Prym wiodły takie ośrodki naukowe, jak specjalnie utworzona instytucja RAND (Research and Development) Corporation w Santa Monica, prowadząca prace badawczo-rozwojowe głównie na zlecenie dowództwa lotnictwa strategicznego oraz, wymieniana już kilkakrotnie, słynna politechnika w Massachusetts.

Pod koniec lat pięćdziesiątych coraz częściej opinia publiczna dowiadywała się o „cywilnych" zastosowaniach BO, aż wreszcie powoli zapominano o ich wojskowym rodowodzie. Przestawano niekiedy uważać BO za dziedzinę cybernetyczną, za to BO odnaleźć można było wśród przeróżnych działów nauki o organizacji i zarządzaniu itp.

Przełom lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych przynosi wielką popularność BO w Związku Radzieckim, Polsce i innych krajach socjalistycznych. Z tego okresu pochodzi na przykład fundamentalna praca Lwa Siemionowicza Pontriagina i jego współpracowników pt. „Matematyczna teoria procesów optymalnych", uważana powszechnie za jedno z największych osiągnięć w dziedzinie metod optymalizacyjnych.

Pytania, które sobie stawiają „badacze operacji",

a raczej, które im stawiają decydenci, mogą mieć różnorodną postać: „ile i czego?", „ile i kiedy?", „ile i z czego?", „ile, czego, kiedy i gdzie?", „ile, czego, kiedy i jak?" itp. i mogą dotyczyć: produkowania, przechowywania, przewożenia, używania, kupowania, sprzedawania itp. różnych środków. Za tymi pytaniami kryje się zawsze kryterium efektywności, wyboru najlepszych rozwiązań, jak: maksymalizacja zysków (dochodów, niezawodności, trwałości, określonej miary sukcesu) lub minimalizacja kosztów (strat, nakładów pracy żywej i uprzedmiotowionej, czasu, określonej miary niepowodzenia).

Natomiast współcześnie częściej niż o BO mówi się o analizie systemowej jako o:

— systematycznym sposobie analizowania złożonych problemów zmierzającym do zapewnienia osiągnięcia szerszych celów i bardziej efektywnie niż w przypadku, gdyby poszczególne części systemu analizowano w izolacji;

— specyficznym sposobie myślenia, polegającym na wytyczaniu głównych celów zamiast troszczenia się o wykonanie zadań pomniejszych lub etapowych;

— stałym dialogu między decydentem a analitykiem systemów, w którym decydent pyta o różne warianty rozwiązania swoich problemów, analityk zaś stara się wyjaśnić „konceptualny układ odniesienia", gdzie decyzja musi być podjęta, zdefiniować możliwe alternatywne cele i określić, w możliwie najjaśniejszej formie, koszty i efekty tych działań.

Okazuje się, że z biegiem lat „operacje" przekształciły się w „systemy", a „badacz operacji" stał się „analitykiem systemów". Jest w tym jednak pewien głębszy sens, wykraczający poza chęć stworzenia czegoś nowego, zwłaszcza w sferze terminologicznej, i wylansowania nowej mody naukowej.

Wróćmy znów do badań operacyjnych, pamiętając

jednak o tym, co powiedzieliśmy o analizie systemowej. Wypada powiedzieć słów kilka na temat zastosowań BO w Polsce. Opierając się na informacjach zawartych w pracy W. Sadowskiego, jednej z pierwszych książek polskich poświęconych BO [31], wymienimy próbę wyznaczenia optymalnego planu produkcji w Zakładach Przemysłu Cukierniczego im. 22 Lipca na wydziale karmelków oblewanych. Podjęto ją bodajże w 1957 r. Z tego samego okresu pochodzi przykład usprawnienia produkcji piwa jasnego, słodowego i pełnego w Browarze Warszawskim oraz wyznaczania optymalnej wielkości partii materiałów w zakładach Zjednoczenia Przemysłu Maszyn i Aparatów Elektrycznych w Łodzi i Bielsku-Białej. W Stoczni Remontowej w Gdańsku skrócono proces remontu statków, dzięki zastosowaniu, „rewelacyjnej" wówczas, metody PERT. A potem? Znanych jest już bardzo wiele pozytywnych przykładów zastosowań BO w ochronie powietrza przed zanieczyszczeniami przemysłowymi, lokalizacji fabryk przemysłu chemicznego, optymalizacji przewozów statkami morskimi, lokalizacji punktów skupu i transportu buraków w kampanii cukrowniczej, dystrybucji towarów w aglomeracjach, optymalizacji dostaw coca-coli w Warszawie itp. Niestety, bardziej dokuczliwe są przykłady braku zastosowań nowoczesnych metod organizacji działań gospodarczych lub zastosowań nieskutecznych. Za to jednak nie obwiniajmy tylko badań operacyjnych.

Chcąc uogólnić dotychczasowe doświadczenia z rozwoju BO i przekonująco określić zakres jej zastosowań dokonajmy przeglądu podstawowych zadań, tworzących obszar problemowy BO:

— wyznaczanie optymalnego planu produkcji (optymalnej struktury asortymentowej),

[31] W. Sadowski: „Teoria podejmowania decyzji. Wstęp do badań operacyjnych". PWE. Warszawa 1960 r.

— zadania o optymalnym rozkroju materiałów,
— zadanie optymalnej mieszanki (diety),
— zadania optymalnego załadunku,
— zadania optymalnego przydziału,
— zadania optymalnego rozdziału zadań,
— zadanie komiwojażera,
— zadania harmonogramowania,
— zadania rozmieszczania zakładów produkcyjnych,
— zadania przepływu o minimalnym koszcie w sieci z pojemnościami,
— zadania transportowe,
— zadania oczekiwania (kolejek),
— zadania odnowy (wymiany) urządzeń,
— zadania optymalnych zapasów,
— zadania poszukiwania.

Jeżeli przyjmiemy, że wymieniając powyższe typowe zadania, przybliżyliśmy się do wyczerpania obszaru problemowego BO, to należałoby zastanowić się nad podstawowymi metodami matematycznymi stosowanymi do ich rozwiązania. Tymi metodami zajmuje się teoria optymalizacji, dziedzina stricte matematyczna. Mówić o nich, bez posługiwania się pojęciami matematycznymi, nie jest ani łatwe, ani zbyt interesujące dla większości czytelników.

Jako dwunaste na naszej liście znalazły się zadania minimalizacji oczekiwania (kolejek). Z pewnością istnieją istotne powody, aby umieścić je na czele naszej listy. Ale, czy to coś pomoże? Aby przebywanie w kolejkach stało się przyjemniejsze, chociaż należy wątpić, czy jest to w ogóle możliwe, pocieszmy się, że istnieją bardzo piękne i niebanalne metody matematyczne, stosowane do analizy... kolejek. Podobno jeden z pierwszych przykładów ich zastosowania pochodzi jeszcze z okresu II wojny światowej i dotyczy armii amerykańskiej. Zauważono w pewnej jednostce

wojskowej nadmiernie długą kolejkę żołnierzy z brudnymi menażkami. Kolejka ta tworzyła się dlatego, że do mycia i do płukania menażek przeznaczono po dwa kotły, podczas gdy — jak obliczono — każdy żołnierz trzykrotnie dłużej mył menażkę niż ją płukał. Gdy przeznaczono do mycia menażek trzy kotły, a do płukania tylko jeden — kolejka znacznie się skróciła, a przeważnie w ogóle się nie tworzyła. Prawda, jakie to proste?

Kolejną przypowiastkę należałoby opatrzeć zastrzeżeniem „tylko dla dorosłych", lecz skoro pochodzi z książki, która w Polsce miała już dwa wydania — — trudno byłoby to uznać za rozsądne. Ponadto pochodzi z powieści naprawdę interesującej. Pewien kapitan, podkreślmy — armii peruwiańskiej, tytułowy bohater powieści M. Vargasa Llosy „Pantaleon i wizytantki", otrzymał nowoczesne wykształcenie (mamy prawo domyślać się, że znane były mu BO, a teoria kolejek na pewno) i pragnął nabytą wiedzę wykorzystać, wzorowo wywiązując się ze swych obowiązków służbowych. Nie byłoby w tym nic dziwnego, chociaż niewiele wiemy o obyczajach panujących w armii peruwiańskiej, gdyby nie to, że obiektem działania dzielnego kapitana był dom... niezupełnie prywatny, a tytułowe wizytantki, to..., zresztą każdy domyśli się ich właściwej profesji. Zabawnej pikanterii opowieści o Pantaleonie dodaje to, że traktował on ten specyficzny obiekt jako system obsługi masowej o określonej przepustowości z określoną intensywnością zgłoszeń. Dążąc do usprawnienia tego „systemu", zastanawiał się Pantaleon nad tym, co należy uczynić, aby zmniejszyć intensywność zgłoszeń klientów lub zwiększyć wydajność obsługi. A szczegóły znaleźć można w znakomitej książce Vargasa Llosy. Przytaczając tę opowieść chcieliśmy zwrócić uwagę na to, że niekiedy znajomość BO pozwala dostrzec w literaturze pięknej

nowe wartości, a w każdym razie wywołać odrobinę uśmiechu.

Jest to przecież niebagatelny efekt w dzisiejszych czasach...

Ale żarty się skończyły, a zaczyna się matematyka. Klasyczne zadanie optymalizacji, do którego sprowadza się znaczna część zadań BO, przedstawionych poprzednio, można sformułować następująco: znaleźć ekstremum (minimum lub maksimum) funkcji określonej w z góry zadanym zbiorze. Funkcja, której ekstremum jest poszukiwane, nazywana jest funkcją celu lub funkcją kryterialną, niekiedy funkcją efektywności (jakości). Jest to na ogół funkcja rzeczywista wielu zmiennych rzeczywistych, które nazywa się zmiennymi decyzyjnymi. Często żąda się, aby zmienne decyzyjne przyjmowały wartości nieujemne, a w wielu przypadkach, aby były to liczby całkowite lub, aby przyjmowały tylko dwie wartości 0 lub 1. Założenia te określane są jako warunki brzegowe zadania. Inne, poza warunkami brzegowymi, wyrażenia określające obszar, w którym poszukiwane jest ekstremum funkcji kryterialnej, nazywa się ograniczeniami (warunkami ograniczającymi). Wektor zmiennych decyzyjnych spełniających warunki brzegowe i ograniczenia nazywany jest rozwiązaniem dopuszczalnym, a zbiór wszystkich tych wektorów — zbiorem rozwiązań dopuszczalnych. Rozwiązanie zadania tak sformułowanego jest rozwiązaniem optymalnym, gdy należy do zbioru rozwiązań dopuszczalnych i minimalizuje (maksymalizuje) funkcję kryterialną. Tak sformułowane zadania optymalizacji określane są jako zadania programowania matematycznego.

Ze względu na postać funkcji kryterialnej i funkcji ograniczającej zadania programowania matematycznego dzielą się na zadania programowania liniowego (gdy wszystkie funkcje w zadaniu są funkcjami linio-

wymi) i nieliniowego (gdy funkcja kryterialna lub którakolwiek z funkcji ograniczających jest nieliniowa). Jeżeli w zadaniu występują zmienne losowe, to mówimy o zadaniach programowania stochastycznego. W przeciwnym wypadku mamy do czynienia z zadaniami deterministycznymi. Wieloetapowe zadania optymalizacji należą do zadań programowania dynamicznego, w których znajdując rozwiązanie w jednym etapie, należy uwzględniać stan wynikający z poprzedniej decyzji. Podstawą teoretyczną zadań tego typu jest zasada optymalności R. Bellmana: „Polityka optymalna ma tę własność, że jakikolwiek byłby stan początkowy i początkowa decyzja, decyzje następne muszą stanowić politykę optymalną, biorąc pod uwagę stan wynikający z pierwszej decyzji". Zadania jednoetapowe są zadaniami optymalizacji statycznej.

Metody sieciowe [32] nadal należą do najpopularniejszych i najchętniej stosowanych w praktyce. Umożliwiają one planowanie i analizę czasów trwania i terminów realizacji poszczególnych czynności oraz całych projektów przy wykorzystaniu modeli deterministycznych i probabilistycznych z uwzględnieniem parametru kosztów oraz sposobów rozdziału zasobów.

W wielu sytuacjach problemowych dane operacje lub systemy charakteryzują zmienne losowe, gdy mamy do czynienia ze zjawiskami przypadkowymi.

Stan urządzeń technicznych zależy od czasu ich eksploatacji i od przypadku. Moc prądu pobierana z elektrowni przez odbiorców indywidualnych jest zależna od czasu i od przypadku. Liczba sygnałów telefonicznych napływających do centrali telefonicznej

---

[32] Wśród najbardziej znanych metod sieciowych znajdują się: CPM (Critical Path Method), PERT (Program Evaluation and Review Technique), RAMPS (Resources and Multi-Project Schuduling), GERT (Graphical Evaluation and Review Technique).

w określonym przedziale czasu jest wielkością losową zależną od czasu i przypadku. Takie przykłady można byłoby mnożyć w nieskończoność, albowiem, jak powiedział pewien Amerykanin (P. Drucker — wybitny znawca problemów zarządzania): „Pewne jest tylko to, że umrzemy i będziemy płacić podatki".

Wymienione wyżej zjawiska opisywane są za pomocą procesów stochastycznych, tzn. pewnych funkcji zależnych od parametru rzeczywistego (interpretowanego najczęściej jako czas) i parametru losowego należącego do pewnej przestrzeni zdarzeń elementarnych. Wartości funkcji dla ustalonej chwili czasu, czyli wartości pewnej zmiennej losowej, nazywane są stanami procesu stochastycznego. Proces stochastyczny nazywany jest procesem Markowa, gdy dla każdej chwili czasu, jeżeli znany jest stan procesu w tej chwili, to dalszy przebieg procesu nie zależy od historii procesu do tej chwili. Jeżeli dla procesu Markowa parametr rzeczywisty (czas) przyjmuje wartości z pewnego, co najwyżej przeliczalnego zbioru, to mamy do czynienia z tzw. łańcuchem Markowa. Teoria procesów (łańcuchów) Markowa stanowi podstawę rozwoju matematycznej teorii niezawodności urządzeń, analizującej procesy funkcjonowania urządzeń z punktu widzenia ich określonego stanu sprawności funkcjonalnej, teorii odnowy oraz teorii obsługi masowej (kolejek). Ta ostatnia bada funkcjonowanie obiektów zwanych systemami obsługi masowej, które są określone: liczbą stanowisk (kanałów) obsługi, stochastycznym procesem zgłoszeń na obsługę, zmienną losową określającą czas obsługi pojedynczego zgłoszenia w pojedynczym stanowisku obsługi oraz regułą (dyscypliną) obsługi. A w związku z tym, wyróżnia się: jedno- i wielokanałowe systemy, obsługujące jednorodne lub niejednorodne zgłoszenia, z oczekiwaniem lub bez oczekiwania (z tzw. klientami niecierpli-

wymi, którzy zastając zajęte stanowiska rezygnują z obsługi), z obsługą według kolejności zgłoszeń lub w odwrotnej kolejności (w myśl zasady mówiącej, że „ostatni będą pierwszymi") lub ze zgłoszeniami uprzywilejowanymi tzw. priorytetami (co oznacza, że pewni klienci mają pierwszeństwo przed innymi, którzy muszą zaczekać) itd. Widzimy więc, że teoria obsługi masowej dość dobrze oddaje zjawiska, zachodzące w rzeczywistych kolejkach. Teoria obsługi masowej znalazła szerokie zastosowanie nie tylko w usprawnianiu takich systemów, jak systemy handlowe, lecz stosowana jest, jako podstawowe narzędzie badawcze, w projektowaniu i usprawnianiu systemów informacyjnych (np. telekomunikacyjnych i komputerowych), a także w modelach walki zbrojnej (np. rozpatrywany jest proces „obsługi" samolotów przeciwnika przez artylerię przeciwlotniczą). Obecnie coraz częściej rzeczywiste systemy obsługi badane są metodami symulacyjnymi, opartymi na specjalnych językach symulacyjnych. Teoria obsługi masowej rozwijana jest dziś przede wszystkim przez matematyków, a nader chętnie wykorzystywana przez inżynierów, ekonomistów, wojskowych. Stają oni często wobec konieczności rozwiązywania pewnych szczególnych sytuacji problemowych, a mianowicie niepewnych i ryzykownych, często sytuacji konfliktowych. Wtedy zdarza się, że sięgają do metod matematycznej teorii gier.

Przedmiotem teorii gier są konfliktowe sytuacje problemowe, w których uczestniczą co najmniej dwie strony, dążące do osiągnięcia przeciwstawnych, najczęściej sprzecznych, celów, przy czym rezultat przedsięwzięcia każdej ze stron zależy od tego, co uczyni strona przeciwna. Modelem takiej sytuacji jest g r a.

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na inny, kulturowy aspekt omawianych sytuacji. Johan Huizinga, twierdzący, iż „gra jest starsza od kultury", nazwał

zabawą zachowanie swobodne, pozostające poza zwykłym życiem, podejmowane bezinteresownie i bez motywacji materialnych. Przebiega ono zgodnie z przyjętymi regułami, zaś cechą zabawy jest powtarzalność całej czynności i niezmienność jej wewnętrznej organizacji. Co prawda Roger Caillois uważa, że reguła nie jest koniecznym czynnikiem każdej zabawy, gdyż dominuje w niej „zasada fikcyjności". Wspomnianą wyżej definicją Huizinga obejmował zarówno zabawy oparte na pozorowaniu rzeczywistości i naśladownictwie, jak i gry będące współzawodnictwem. Zabawa jest dla niego przedstawieniem czegoś, natomiast gra — walką o coś. Huizinga mawiał także, że „zabawa jest celem sama w sobie". [33)]

Gra, w sensie teorii gier, będąc uproszczonym, sformalizowanym opisem sytuacji konfliktowej, różni się od rzeczywistej sytuacji tym, że jest prowadzona według ściśle określonych reguł. Gra jest opisem, obejmującym: strony uczestniczące w sytuacji zwane graczami; zbiór możliwych decyzji (posunięć, ruchów) poszczególnych stron zwanych strategiami; funkcje określające, ile zyskuje (lub traci) każdy z graczy po dokonaniu „ruchu" zwane funkcjami wypłat. Gracze, ich strategie i wypłaty — to elementy gry jako modelu pewnego działania. Tak rozumiane gry dzielą się na: dwuosobowe i wieloosobowe, otwarte i zamknięte, z sumą zerową i niezerową, niekooperacyjne i kooperacyjne, skończone i nieskończone itp.

W teorii gier strategią optymalną gracza nazywa się taką strategię, która przy wielokrotnym powtarzaniu gry zapewnia temu graczowi możliwie maksymalną średnią wygraną (czyli możliwie minimalną

---

33) Zob. J. Huizinga: „Homo ludens. Zabawa jako źródło kultury", Warszawa 1976 oraz R. Caillois: „Żywioł i ład", Warszawa 1973, a także B. Sułkowski: „Zabawa. Studium socjologiczne", Warszawa 1984.

przegraną). Oczywiście zakłada się, że przeciwnik postępuje również racjonalnie.

W roku 1928 John von Neumann sformułował i udowodnił twierdzenie fundamentalne dla teorii gier: Każda gra skończona ma przynajmniej jedno rozwiązanie (być może strategii mieszanych), czyli gra posiada w zakresie strategii mieszanych ściśle określoną wartość gry, a każdy z partnerów ma przynajmniej jedną strategię optymalną.

Kilka lat przed von Neumannem, bo w 1925 r. w studenckiej jednodniówce „Myśl Akademicka" we Lwowie ukazał się artykuł pt. „Definicje potrzebne do teorii gry i pościgu". Jego autorem był jeden z największych polskich matematyków Hugon Steinhaus (1887—1972). Jego niewielka praca z 1925 r. zawiera uwagi, które na owe czasy były rewelacją, bowiem legły u podstaw teorii gier. Nadmieńmy, że pisząc ją autor nie wiedział, że znany matematyk francuski E. Borel parę lat wcześniej doszedł do podobnych koncepcji. H. Steinhaus należał do tych wielkich matematyków, wcale nie tak licznych, którzy dostrzegali praktyczną użyteczność uprawianej przez siebie nauki. Zajmował się tak różnymi zagadnieniami, jak: pomiar długości, „patergometria" tuberkulozy u dzieci, taryfa elektryczna, wycena statystyczna, prognoza, grupy krwi i dochodzenie ojcostwa itp. Jeden ze swych artykułów kończy słowami: „Ludzie chodzą po poradę do lekarzy, nie chodzą do matematyków. Czy chodziliby do lekarzy, gdyby były tylko wykłady medycyny a nie było szpitali, klinik i aptek, gdyby byli profesorowie medycyny lub nauczyciele higieny, ale nie było nikogo, co umie zbadać chorego i zapisać mu lekarstwo? Dopóki nie będzie matematyków — praktyków, to jest ludzi przyuczonych i przyzwyczajonych do udzielania porad matematycznych, i dopóki w każdej fabryce, w każdym biurze, urzędzie, banku czy

też dyrekcji kolei nie będzie wiadomo, gdzie leczą choroby matematyczne, dopóty cała dydaktyka niższa i wyższa nie da rezultatu". Z przykrością trzeba dostrzec, że po prawie 30 latach, jakie minęły od tego artykułu, zmieniło się tak bardzo niewiele. Przybyło natomiast dyskusji o modelach nauczania, punktach preferencyjnych itp.

H. Steinhaus słynął ponadto ze swej sztuki słowa i ogromnego poczucia humoru, czego dał wyraz tworząc słynny „Słownik racjonalny". Oto próbka aforyzmów Profesora: „Dowcip, który jest tylko dowcipem, nie jest dowcipem", „Każdy człowiek zachowuje się sztucznie — jest to zupełnie naturalne", „Większość ludzi jest zbyt ostrożna, żeby się dać nabrać na prawdę", „O człowieku, który jest ciasny w siedmiu różnych specjalnościach, mówi się, że jest wszechstronny", „Nieprzyzwoite są tylko listki figowe", „Mędrzec widzi w lustrze głupca, głupiec przeciwnie", „Odkrycie naukowe odbywa się zawsze na granicy możliwości: jest dowodem, że można tę granicę przekroczyć, ale w chwili gdy się to robi, granica przesuwa się wraz z nami"... I jeszcze kilka „haseł" ze „Słownika racjonalnego": „Kula u nogi — ziemia", „Kobieta nienasycona — stokrotka", „Poczekalnia u dentysty — kolejka zębata", „Taki, co przegrywa w szachy — matołek", „Taki, co przez omyłkę dwa razy się ożenił — bigamoń", „Społeczeństwo dyrektorów — menageria".

Oczywiście, przytoczone aforyzmy i hasła nie mają wiele wspólnego ani z matematyką, ani z badaniami operacyjnymi, w każdym razie bezpośrednio. Mają za to wiele wspólnego z życiem, z rzeczywistością, stawiającą przed ludźmi różnorodne zadania praktyczne, zaś wiele z nich jest przedmiotem badań operacyjnych. A że przy okazji pojawiło się wiele innych skojarzeń, to może tylko potwierdzić przekonanie, jak

wielce są one inspirujące. I nie muszą być wcale tak „śmiertelnie poważne", jakby to się mogło na pozór wydawać. Tym zaś, którzy z tego powodu mogą poczuć się urażeni odpowiedzieć można tak, jak odpowiedzieli autorzy jednej z książek poświęconej właśnie badaniom operacyjnym: „Traktujcie waszą pracę poważnie, ale — na litość — samych siebie nie bierzcie zbyt na serio!" [34]

Z powyższych rozważań warto byłoby zapamiętać to, że u źródeł badań operacyjnych legło przekonanie, iż każde rozwiązanie dowolnego działania nie jest absolutnie doskonałe i nawet jeśli jest zadowalające, to przecież „lepsze jest wrogiem dobrego". I o to chodzi.

---

34) A. Kaufmann, R. Faure: „Badania operacyjne na co dzień". Warszawa 1968.

XIV. Wróżby komputerowe, czyli o prognozowaniu

„Wiedzieć, że się wie, co się wie, oraz, że się nie wie, czego się nie wie — oto prawdziwa wiedza."

(Konfucjusz)

Ludzie zawsze pragnęli choćby zajrzeć na chwilę za zasłony kryjące przed nimi przyszłość, ich osobistą, całej ludzkości, ziemskiego globu. W tym celu spoglądali w gwiazdy, przyglądali się dymom unoszącym się z ognisk lub woskowi lanemu do wody, układali karty, wyszukiwali przepowiednie zwiastujące „koniec świata", składali wizyty wróżkom spoglądającym w szklane kule i mającym do pomocy czarne koty. Kierowała nimi zwyczajna ciekawość, którą pobudzało myślenie magiczne. Dziś, w dobie rozkwitu nauki, nadal wielkim powodzeniem cieszą się horoskopy, zamieszczane przez tygodniki na całym świecie oraz instytucje w rodzaju osławionej Madame Soleil.

Ludzie boją się swej przyszłości, a jednocześnie zapłacą każdą niemal cenę, aby ją poznać. Poznanie jej nie czyni ich bardziej rozumnymi. Licznych tego przykładów dostarczają mitologie, baśnie i... historia. Obecnie, poza lekturami horoskopów, coraz częściej sięga się do różnego rodzaju naukowych raportów opracowanych przez wyspecjalizowane instytuty na podstawie badań prognostycznych prowadzonych za pomocą komputerów. Komputer wcielił się niejako w rolę Kasandry XX wieku.

Do interesowania się przyszłością skłaniają także przesłanki racjonalne i potrzeby praktyki społecznej, przede wszystkim zaś potrzeby decyzyjne. Decyzje społeczno-polityczne, ekonomiczne i militarne muszą być bowiem oparte nie tylko na znajomości przebiegu określonych zjawisk w przeszłości, lecz także na prawdopodobnym ich przebiegu w przyszłości. Nie wystarcza przy tym już intuicja, konieczne są matematyczne modele prognostyczne i wszechstronne analizy komputerowe. Im wiarygodniejsze są prognozy, tym trafniejsze powinny być, podejmowane na ich podstawie, decyzje. Z tej oczywistej w gruncie rzeczy zależności zdawano sobie sprawę niemal zawsze, chociaż stosunek do przepowiedni bywał różny. Wyraża go zasada starożytnych Rzymian: „nihil novi sub sole" (nic nowego pod słońcem), błyskotliwa uwaga Churchilla, że: „Najlepszą kwalifikacją dla polityka jest umiejętność przepowiadania, co się zdarzy jutro oraz późniejszego wyjaśnienia, dlaczego tak się nie stało" czy wypowiedź współczesnego znawcy problemów systemowych G. Weinberga o tym, że: „Istotne własności systemów nie dają się badać. A jak prognozować coś, co się nie da badać?"

Mimo spotykanego sceptycyzmu, corocznie u progu Nowego Roku pojawiają się przepowiednie, zawierające odpowiedź na jedno w zasadzie pytanie: co przyniesie rok najbliższy lub czy będzie pomyślniejszy niż mijający? Górę nad sceptycyzmem bierze ciekawość i potrzeby.

W znacznej mierze ciekawość zaspokaja literatura i film. Beletrystyczne wizje przyszłości — typu J. Verne'a, H. Wellsa czy A. Huxleya, a obecnie I. Asimova, R. Bradbury'ego, A. Clarke'a czy S. Lema — miały i mają rzesze bezgranicznych wielbicieli na całym świecie. Jednakże inne oczekiwania towarzyszą lektu-

rze takich wizji niż lekturze raportów, analiz prognostycznych itp. Za pierwszymi kryją się postacie wielkich niejednokrotnie pisarzy, a więc ludzi sztuki, natomiast za tymi drugimi — ludzie z tytułami naukowymi i cieszący się często zasłużoną sławą naukową. I dlatego zapewne tym drugim niełatwo wybacza się pomyłki. Inna sprawa, że wiele wypowiedzi wymienionych wyżej przedstawicieli literatury fantastycznej zawierało mniej omyłek i niedorzeczności niż owe uczone raporty na temat przyszłości. Zapewne ma rację A. Clarke, jeden z najwybitniejszych pisarzy science-fiction, mówiąc, że niedostatek wyobraźni a także niedostatek odwagi to główne grzechy naukowców imających się prorokowania. Opinię tę potwierdzają nader liczne chybione prognozy. Być może do wyjaśnienia przyczyn tego zjawiska przyczyni się prawo, sformułowane przez tego samego Clarke'a: „Kiedy dystyngowany uczony (po pięćdziesiątce) stwierdza, że coś jest możliwe, to prawie zawsze ma rację. Jeżeli jednak stwierdza, że coś jest niemożliwe, to z pewnością się myli".

Skoro jednak powiedzieliśmy już, że przewidywanie naukowe przyszłości jest koniecznością, to należy problem ten potraktować z należytą uwagą. Zacznijmy od kwestii terminologicznych. Wszelkie studia nad przyszłością przynoszą określone wypowiedzi, sądy o przyszłości. Sądy, których podstawą są uzasadnione a oparte na wyraźnie ujawnionych znanych zależnościach wynikających z praw nauki i z możliwej kontroli prawidłowości, nazywać będziemy prognozami. Przyjmują one najczęściej postać twierdzeń warunkowych, stwarzając odbiorcy prognoz możliwości podjęcia działań zmierzających do sprawdzenia lub zapobieżenia jej. Natomiast, gdy podstawą sądów o przyszłości są wizje, natchnienie itp., wykluczające

w zasadzie możność logicznej kontroli przebiegu rozumowania, to ten typ sądów określać będziemy mianem przepowiedni.

Przepowiednie są typem sądów o charakterze twierdzeń bezwarunkowych, wywołujących tendencję do biernego oczekiwania na ich spełnienie. Obejmują zatem przeróżne wróżby, proroctwa, wieszczenia, horoskopy itp. Należą do nich zarówno Mickiewiczowskie „44", jak i Orwellowskie „1984". Zapewne nie brakowało ludzi, czekających bezwolnie na ich spełnienie.

Mówiąc o prognozach, warto wyróżnić dwa rodzaje sądów prognostycznych, a mianowicie: predykcyjne i decyzyjne. Te pierwsze przeznaczone są do przewidywania przyszłych zjawisk (zdarzeń, procesów), drugie zaś — do określania przyszłych skutków rozpatrywanych decyzji. Jest to podział z pewnością nieostry, lecz chodzi o wyróżnienie wypowiedzi na pytania typu „jaki będzie stan danego zjawiska za x lat" od odpowiedzi na pytania typu: „jeśli zostanie podjęta określona decyzja, to jakie jej skutki mogą być za x lat?". Pierwsze interesują np. fizyków, geologów, meteorologów, socjologów, demografów itp., drugie — decydentów różnych sfer życia społecznego.

Dla opracowania prognoz niezbędne jest spełnienie pewnych warunków, a mianowicie: znajomość prawidłowości rozwoju badanego zjawiska, określenie warunków rozwojowych oraz dodatkowych danych o wpływie czynników ubocznych na przebieg danego procesu. Spełnienie ich pozwala na wybór metody (techniki) prognozowania, czyli sposobu zdobywania danych o przyszłym przebiegu procesu. W związku z tym, właściwe wydaje się być rozróżnienie procesów będących przedmiotem prognozowania na: procesy kontynuacyjne, w przypadku których dominuje pewna „siła inercji" wywołana zjawiskami przeszły-

mi oraz procesy innowacyjne (nowo występujące) lub periodyczne, które z kolei podlegają wpływowi nowych czynników. A zatem dla pierwszych z wymienionych procesów charakterystyczne będą podejścia ekstrapolacyjne, a dla drugich — interpolacyjne. Metody ekstrapolacyjne opierają się na znajomości tendencji rozwoju w przeszłości i dlatego znajdują zastosowanie przede wszystkim w prognozowaniu predykcyjnym. Wszystkie te metody opierają się na ścisłej znajomości przebiegu procesów w przeszłości, czyli wymagają opracowania matematycznych modeli prognostycznych.

Coraz częściej przedmiotem prognozowania są systemy, które należy traktować jako systemy cybernetyczne. Realizacja modeli prognostycznych wymaga z reguły stosowania komputerów. W ten sposób można mówić, jeśli nie o „wróżbach", to na pewno o prognozach komputerowych.

Oczywiście wiele zjawisk, których przebieg w przyszłości chciałoby się poznać, należy do słabo ustrukturalizowanych, czyli posiadających przewagę czynników jakościowych nad czynnikami ilościowymi. W tych przypadkach człowiek zmuszony jest powrócić niejako do roli Pytii, której narzucone są zazwyczaj pewne wymagania i ograniczenia. Mamy tu na uwadze stosowanie różnorodnych metod heurystycznych, intuicyjnych, polegających na wykorzystywaniu wiedzy specjalistycznej tzw. ekspertów. Jedną z takich metod jest metoda delficka, na podstawie której opracowano między innymi prognozę dotyczącą światowych perspektyw rozwoju w sześciu podstawowych dziedzinach (odkrycia naukowe, zaludnienie, automatyzacja, opanowanie Kosmosu, wojny i zapobieżenie im, nowe rodzaje broni). Gordon i Helmer z RAND Corporation, stosując metodę delficką, opracowali uzyskane od ekspertów dane, na podstawie

których nakreślili — w 1963 roku — wizje świata. Jest to dziś już klasyczna kompleksowa prognoza rozwojowa. Zawiera ona szereg zdarzeń z oczekiwanymi terminami ich realizacji (tabela na str. 211).

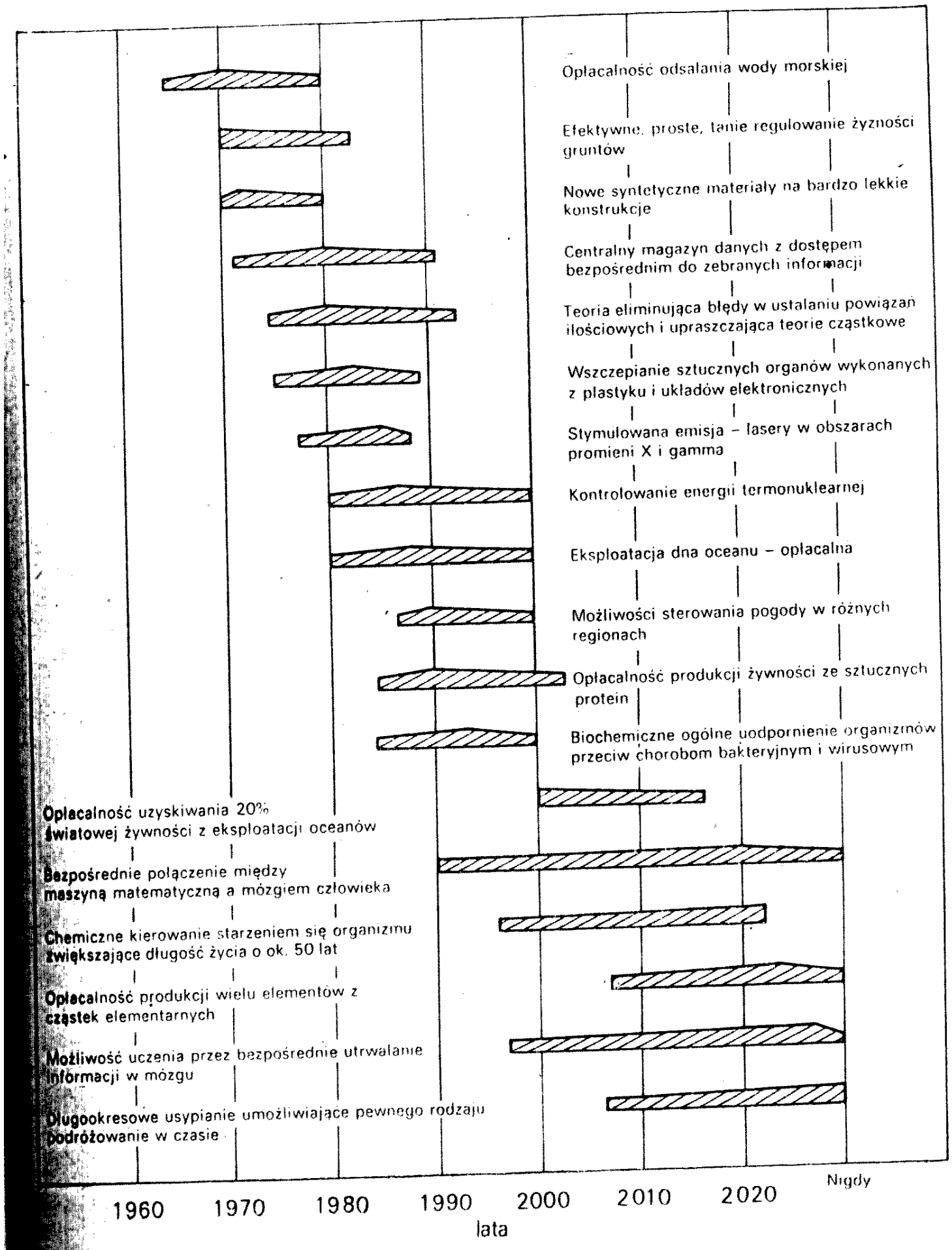
Nietrudno zauważyć, że nie wszystko w prognozach tych się sprawdziło, ale, jak to już zaznaczyliśmy, nie tylko o absolutną pewność chodzi. Ważniejsze jest określenie takich kierunków rozwoju, które przyczynią się do racjonalnego planowania wielu rzeczywistych zjawisk.

Warto skonfrontować prognozy RAND-u z japońskimi prognozami opracowanymi 20 lat później (tabela na str. 212). Uwzględnione w nich osiągnięcia techniczne, których realizacja przewidywana jest do 2010 roku, odpowiadają tym kierunkom rozwoju naukowo-technicznego, na które po prostu Japonia „postawiła" w swej strategii rozwojowej. Czas pokaże, na ile prognozy japońskie były trafniejsze od amerykańskich.

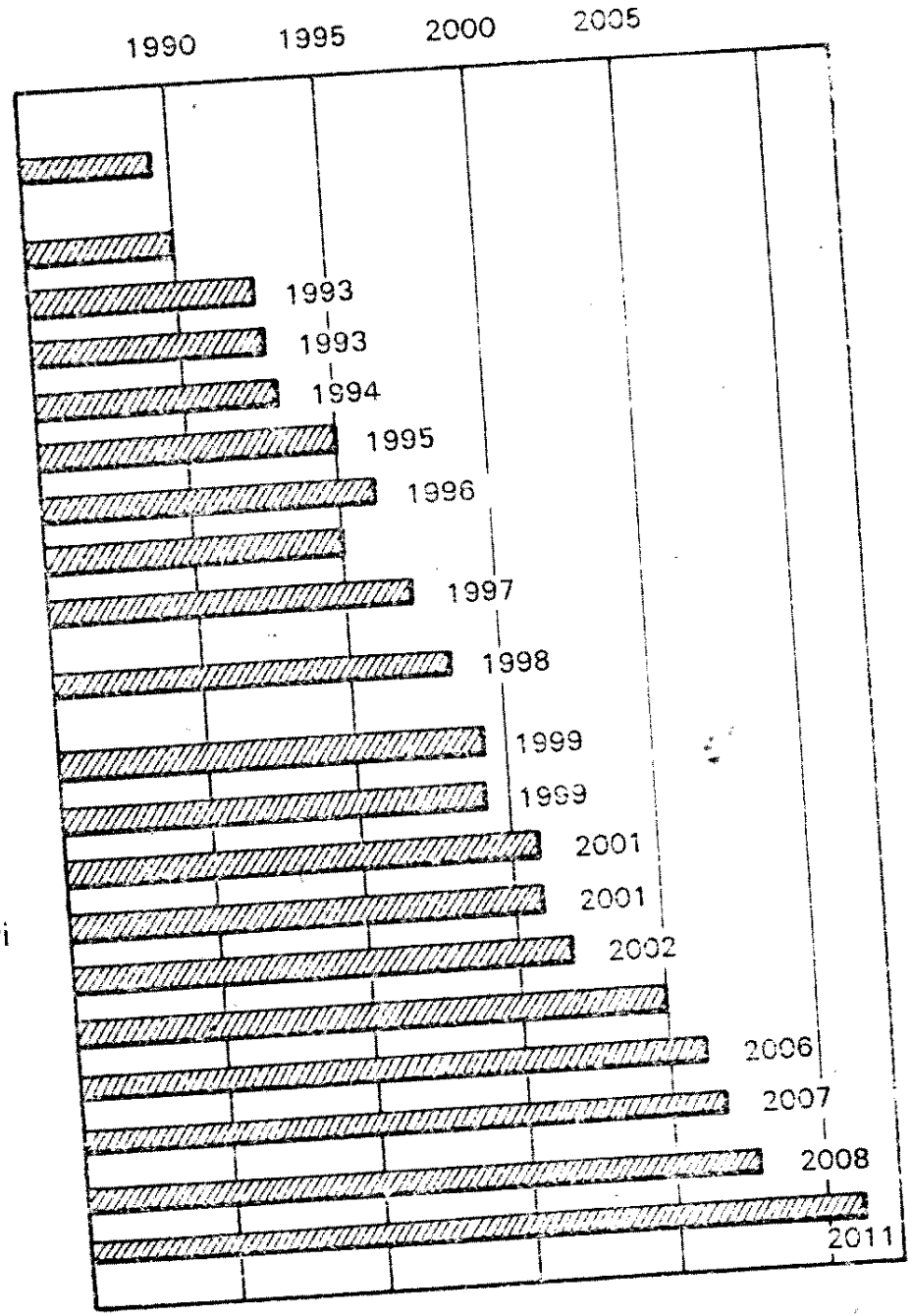
Pod koniec lat sześćdziesiątych rozpoczęła się nowa era w prognozowaniu. Powstało tzw. modelowanie globalne, czyli dziedzina studiów zajmujących się kompleksowo, tj. z uwzględnieniem wewnętrznych powiązań i złożoności, teraźniejszością i przyszłością świata. Obiektem badań jest glob ziemski a ujęcie jego jest globalne, tj. ogólne i całościowe. Dziedzina modelowania globalnego stanowi dziś znakomity przykład badań systemowych, prowadzonych za pomocą nowoczesnych metod i środków.

W powszechnym niemal przekonaniu modelowanie globalne wiąże się z działalnością tzw. Klubu Rzymskiego. Klub Rzymski narodził się w 1968 roku, zaś jego zasadniczym celem było alarmowanie opinii publicznej o najpoważniejszych problemach ludzkości

Prognoza rozwojowa RAND



Główne osiągnięcia techniczne oczekiwane do roku 2010



Masowa produkcja farmaceutyków na bazie inżynierii genetycznej

Bateria słoneczna bezpostaciowa o wysokiej wydajności.

Superkomputery

Roboty inteligentne

Numeryczna sieć telekomunikacyjna

Technika gromadzenia i likwidacji odpadów nuklearnych

Laboratorium w kosmosie

Elementy trójwymiarowe półprzewodników

Wydobywanie manganu z dna mórz

Technika łączenia komórek w celu uzyskania nowych odmian roślin

Medykamenty do kształtowania metastazy raka

Stacje w kosmosie

Medykamenty do leczenia arteriosklerozy

Zrozumienie mechanizmów raka i zapobieganie rakowi

Technika zapobiegania rozprzestrzenianiu się pustyń

Produkcja stali w oparciu o procesy jądrowe

Przewidywanie trzęsień ziemi o miesiąc wcześniej

Opanowanie starzenia się

Satelitarne generatory energii

Fuzja jądrowa

z punktu widzenia potrzeb i wymagań przyszłości. Organizacja ta liczy obecnie stu członków reprezentujących 40 krajów oraz wszystkie główne kultury, orientacje ideowe i religie. Istotę działania Klubu tak wyjaśniał wieloletni jego prezes, zmarły w 1984 roku, Aurelio Peccei: „Nie chcieliśmy tworzyć instytutu czy organizacji scentralizowanej, których jest tak wiele na świecie. Chcieliśmy po prostu spróbować wykorzystać doświadczenia i zaangażowanie osób wywodzących się z odmiennych kultur, o przekonaniach często przeciwstawnych, które zechciałyby współpracować dla osiągnięcia wspólnego celu... Jedną z cech Klubu jest to, że on sam nie prowadzi żadnych badań, lecz zleca ich przeprowadzenie i przygotowanie opracowań grupom badaczy z różnych krajów. Każdy raport jest sporządzony przez inne osoby".

Pierwszy Raport dla Klubu Rzymskiego powstał w 1973 roku i został opracowany przez zespół pracowników naukowych MIT pod kierunkiem D. Meadowsa. Autorzy, wykorzystując metodę modelowania systemów dynamicznych Jay Forrestera, opracowali globalny symulacyjny model świata. Model opisywał związki między takimi zmiennymi, jak: liczba ludności świata, produkcja żywności, produkcja przemysłowa i zapasy surowców nieodtwarzalnych oraz zanieczyszczenia przemysłowe. Założono, że badane zjawiska wykazują dynamikę wzrostu wykładniczego. Wnioski z przeprowadzonej symulacji komputerowej są alarmujące. Dobrze oddaje ich sens tytuł raportu — „Granice wzrostu". Ostro akcentuje się przede wszystkim antagonizm społeczno-ekonomiczny występujący między krajami bogatymi i ubogimi. Raport zwrócił uwagę opinii społecznej na konieczność ograniczenia wzrostu, ale spotkał się również z krytyką; wytknięto mu wiele błędów i wad metodologicznych. Zaliczono go ponadto do przejawów tzw. myślenia

technokratycznego. Na marginesie trzeba zauważyć, że z punktu widzenia metod cybernetyki raport stanowi niezwykle interesujący przykład zastosowania metody, rozwiniętej w nurcie myślenia cybernetyczno-systemowego.

Z powyższych powodów jeszcze bardziej interesujący wydaje się drugi Raport dla Klubu Rzymskiego opublikowany w 1974 roku przez M. Mesarovica i E. Pestela. Model, który stał się podstawą wniosków przedstawionych w raporcie, stanowi przykład tzw. podejścia hierarchicznego, albowiem jest on modelem o strukturze hierarchicznej oraz swoistą „hierarchią modeli". W modelu tym rozpatruje się świat jako system dziesięciu regionów wzajemnie na siebie oddziałujących. Systemy regionalnego rozwoju zostały przedstawione w postaci zbioru opisów wszystkich istotnych procesów determinujących ewolucję regionów, tj. fizycznych, ekologicznych, technicznych, ekonomicznych, społecznych itd. Model uwzględnia też zdolność systemu do adaptacji i zmian, które mogą odwrócić lub zminimalizować skutki klęsk, przewidywanych w przyszłym rozwoju. Podstawą budowy modelu stało się „systemowe założenie", że powstający system światowy wymaga całościowego spojrzenia na przyszły rozwój świata, gdyż wydaje się, że „wszystko zależy od wszystkiego". Autorzy raportu jako jeden z wyjściowych wniosków, przyjęli: „...właśnie wzorzec niezrównoważonego i niezróżnicowanego wzrostu stanowi istotne źródło najbardziej palących problemów stojących przed ludzkością, a drogą wiodącą do ich rozwiązania jest droga wzrostu organicznego".

Względy metodologiczne oraz bezpośredni związek z cybernetyką spowodował, że poświęciliśmy uwagę tylko dwóm modelom spośród wielu już modeli globalnych wykorzystywanych w prognozowaniu roz-

woju. Autorzy poszczególnych raportów i modeli globalnych cieszą się wielkim uznaniem, chociaż wokół działalności Klubu Rzymskiego nie ucichły dyskusje i kontrowersje, nie tylko metodologiczne. Uważa się obecnie, że zmianie form działalności Klubu będzie musiała towarzyszyć zmiana treści, a w szczególności uwzględnienia humanistycznej drogi rozwoju ludzkości związanej ze zjednoczeniem wysiłków przedstawicieli ruchów demokratycznych, socjalistycznych i komunistycznych — jako drogi rozwiązania globalnych problemów współczesności i stworzenia lepszej przyszłości na Ziemi.

Słynne scenariusze Asimova zakładały możliwość katastrofy w odległej przyszłości, ale warto zastanowić się nad jej przyczynami, gdyż skutki są raczej jednoznaczne. Traktując je bardzo poważnie, chciałoby się sięgnąć do słów, wziętych z tytułu jednego z musicali: „Zatrzymajcie świat — ja chcę wysiąść". A że jest to niemożliwe, to może lepiej, jak napisał J. Joyce, „skoro nie możemy zmienić świata, zmieńmy temat". Tylko, czy doprawdy nie możemy? Oczywiście, większość przyczyn rozpatrywanych w scenariuszach ma charakter obiektywny, niezależny od ludzi. Jednak w kilku przypadkach przyczyn należy upatrywać w dotychczasowym rozwoju cywilizacyjnym ludzkości. I dlatego jeszcze nie zmienimy tematu.

Aby scenariusze tego typu nie były traktowane jako „wieszczenia" należy po prostu „przegrać" je na komputerze. I tak dzieje się w wypadku większości modeli symulacyjnych i gier komputerowych, w których zamieniają się one niejako w układy równań opisujących procesy rzeczywiste (lub hipotetyczne), rozwiązywane następnie za pomocą techniki komputerowej.

Aby położyć kres katastroficznym wizjom „końca świata", oczywiście mamy na uwadze wizje „subiek-

tywne", tj. te, w których przyczyny zależą od nas, wprowadźmy pewną nutę optymizmu. Odnaleźć ją można, mimo wszystko, także we wspomnianych raportach, proponujących przecież jakieś konstruktywne rozwiązania. Inna sprawa, na ile są one realne. Opracowywane prognozy dają w rezultacie pewnego rodzaju katalog błędów, które ludzie popełniają i które popełnić jeszcze mogą. Na błędach ponoć należy się uczyć, oczywiście najlepiej na tych, których jeszcze nie popełniono. Jeśli natomiast chodzi o błędy już popełnione, to warto przypomnieć sentencję W. Churchilla: „Cóż, nawet jeśli nie powtórzymy cudzych błędów, to z pewnością narobimy własnych". Rzecz w tym, aby ich przyczyny i skutki poznać odpowiednio wcześniej. A temu mogą służyć „wróżby komputerowe".

W poprzednich rozważaniach zacierała się jakby granica między naukowym prognozowaniem a futurologią czy nawet fantastyką. Nie wydaje się konieczne, aż tak rygorystyczne jej określanie. Ścisłe badanie tzw. trendów nie gwarantuje pewności formułowanych sądów, tak jak fantastyka nie musi zawierać wyłącznie „uroczych bredni".

Z prognoz korzystają od dawna ekonomiści, tworząc na ich podstawie plany gospodarcze. Często rezultaty ich działalności nie odbiegają od „trafności" prognoz meteorologicznych. I nie muszą się stawać przedmiotem kpin. Można co najwyżej popadać w wesołość, widząc jak „komputerowe mapy pogody" wspierane są niejako przez „prognozy" formułowane przez „najstarszych górali z Podhala".

Jak skutecznie wykorzystywano prognozy meteorologiczne w planowaniu operacji wojennych (np. „Overlord" — inwazja aliantów w Normandii) wiemy dość dobrze. Wiemy także, że wiele prognoz demograficznych i ekonomicznych okazało się trafnych,

a co istotniejsze, zostały poprawnie wykorzystane w planowaniu gospodarczym. Najstarszego chyba przykładu takiej prognozy dostarcza... Stary Testament, a była nią „prognoza" Józefa, przepowiadającego faraonowi, że Egipt przeżyje siedem lat tłustych, a następnie tyleż chudych. Jak wiadomo, faraon gromadził w okresie siedmiu lat „tłustych" zapasy żywności, licząc się z tym, że w następnych siedmiu latach trzeba będzie sięgnąć do tych zapasów.

Dziś trudniej jest niż za czasów faraonów sporządzać prognozy i wcale niełatwo podejmować na ich podstawie decyzje. Dlatego tak wielką wagę przywiązujemy do „wróżb komputerowych", do wypowiedzi „cybernetycznej Kasandry".

Kiedyś J. Surdykowski napisał: „Kasandra była złym prorokiem, to wiemy. Jej przepowiednie miały trzy zasadnicze wady, zupełnie je dyskwalifikujące: po pierwsze — były pesymistyczne; po drugie — ludzie nie dawali im wiary, a po trzecie — sprawdzały się". [35]

---

35) J. Surdykowski: „Groźba, wyzwanie, nadzieja". Kraków 1979.

XV. Napoleon z komputerem, czyli o cybernetyce wojskowej

„Potępianie techniki in toto to niepamięć o ogrodach kwitnących dzięki odsolonej wodzie morskiej, natomiast idealizowanie techniki to niepamięć o Hiroszimie."

(Stuart Chase)

Mars patronuje zmaganiom ludzkości od zarania cywilizacji. Sztuka wojenna ulega przemianom wraz z rozwojem cywilizacyjnym. Zmienia się zatem oblicze Marsa, choć cechy jego charakteru pozostają raczej niezmienne. Obecnie — Mars u schyłku XX wieku — choć nuklearny — ma elektroniczne zmysły i zespół komputerów w miejsce staroświeckiego mózgu. Być może Mars ulegnie jeszcze innej swoistej metamorfozie stając się jakimś Cyborgiem lub Golemem, miotającym ładunkami jądrowymi i ziejącym promieniami laserowymi. Stworzeniu takiego potwora sprzyja, niestety, rozwój cybernetyki. A raczej może sprzyjać. „Gdy rozum śpi, budzą się upiory". Wtedy obok znanych już wizji „gwiezdnych wojen" rodzą się wizje „wojen cybernetycznych". I to nie w wyobraźni scenarzystów filmowych, lecz w umysłach ludzi odpowiadających za losy świata.

„Wojną cybernetyczną" określać można zjawisko społeczne, w którym uczestnicy konfliktu — strony walczące — dążąc do osiągnięć sprzecznych, przeciwstawnych celów, stosują nie tylko środki rażenia, charakteryzujące się wysokim stopniem automatyzacji, lecz także systemy informacyjnego oddziaływania na przeciwnika. Niemal zawsze walce zbrojnej, reali-

zowanej środkami energomaterialnymi towarzyszyła walka informacyjna. Przybierała ona postać „wojny wywiadów", „wojny radiowej", różnych form oddziaływania propagandy itp. Literatura obfituje w pasjonujące niejednokrotnie opisy zmagań wywiadów, działania „superszpiegów", różnych zabiegów dyplomatycznych. „Tworzywem" wymienionych działań były informacje. Niewiele przesady jest w stwierdzeniu, że informacja może zabić, jeśli nie bezpośrednio, to spowodować wystąpienie śmiertelnych działań energetycznych. Wiedziano o tym dobrze w różnych epokach i okresach historii nowożytnej. Obecnie na rozwój metod i środków walki informacyjnej przeznacza się olbrzymie nakłady. Początek lat osiemdziesiątych przyniósł wiele przykładów rzadko dotąd spotykanego nasilenia walki informacyjnej, której obiektem było także społeczeństwo polskie. Do sterowania procesami walki informacyjnej stosowane są nowoczesne środki, w tym symulacja komputerowa i gry komputerowe (wojenne i polityczne).

Najczęściej walka informacyjna jest związana z walką polityczną, a zatem dąży się do stworzenia warunków skutecznego oddziaływania zarówno na własne społeczeństwo, jak i na struktury społeczne przeciwnika. Elementem walki informacyjnej może być „niszczenie psychiczne", którego celem jest „destrukcyjne działanie na psychikę ludzi". Z niszczeniem informacyjnym przeciwnika za pomocą „toksycznej informacji" idzie na ogół w parze dezinformowanie, czyli świadome wprowadzanie w błąd jego ośrodków decyzyjnych.

Nieprzypadkowo problemy walki informacyjnej znalazły się w oryginalnej książce Józefa Koniecznego, noszącej tytuł „Cybernetyka walki". Opisano w niej makrowojenne modele cybernetyczne. Wojna stała się przedmiotem badań cybernetycznych. Cybernetyka

zaczęła dostarczać narzędzi badawczych tzw. polemologii, czyli nauce o wojnie.

Oczywiście żaden z dawnych wodzów i dowódców nie mógł znać cybernetyki. Sięganie do przykładów historycznych służy raczej do reinterpretacji przeszłych wydarzeń w kategoriach cybernetycznych. Taka analiza pozwala niekiedy dostrzec w historii nowe fakty i odnaleźć prawidłowości, które trudno sformułować stosując metody tradycyjne.

Inny przykład, pochodzący z wojny rosyjsko-japońskiej, często przytaczał Marian Mazur. Gdy admirał Rożdestwieński dopłynął do cieśnin malajskich, znalazł się wobec konieczności podjęcia decyzji, którą z cieśnin wybrać: szeroką czy wąską. Przyjmując kryterium maksymalizacji bezpieczeństwa admirał przeprowadził następującą analizę: „Japończycy, wiedząc niewątpliwie o zbliżaniu się floty rosyjskiej, zechcą zająć stanowisko u wylotu cieśnin. W zasadzie powinienem się zdecydować na wybór drogi najdogodniejszej, tj. przez szeroką cieśninę. Jednakże wie o tym również admirał japoński i wobec tego będzie nas oczekiwał właśnie u wylotu szerokiej cieśniny. Licząc się z tym powinienem wybrać wąską cieśninę, ale admirał japoński z łatwością się domyśli, dlatego też postanawiam przepłynąć szeroką cieśninę". Ten sposób rozumowania okazał się trafny. Podjęta decyzja była prawidłowa, gdyż flota japońska znajdowała się u wylotu wąskiej cieśniny. Sytuacja powtórzyła się już po klęsce pod Cuszimą. Znalazł się w niej następca admirała Rożdestwieńskiego. Dopłynąwszy do tych samych cieśnin malajskich rozwiązywał problem w sposób następujący: „Decyzja Japończyków, żeby floty Rożdestwieńskiego oczekiwać u wylotu wąskiej cieśniny, okazała się dla nich błędna. Nauczeni tym doświadczeniem będą oni tym razem oczekiwać nas przy wylocie szerokiej cieśniny, wobec czego powi-

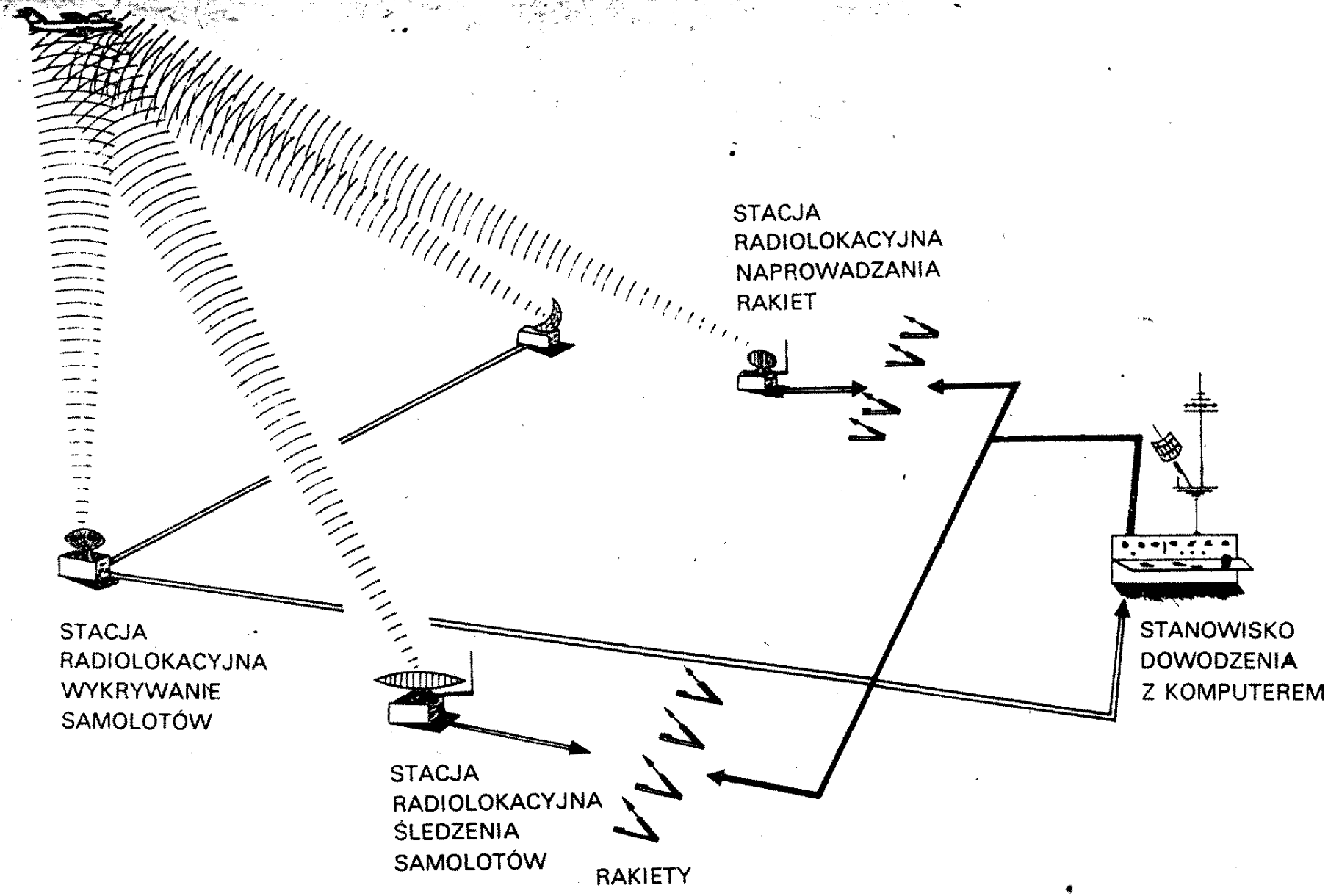
nienem bym płynąć wąską cieśniną. Jednakże admirał japoński niewątpliwie się tego domyśli i będzie oczekiwał przy wylocie wąskiej cieśniny. Dlatego też postanawiam płynąć szeroką cieśniną". I ta decyzja okazała się trafna. W obu sytuacjach każda ze stron konfliktu podjęła taką samą decyzję jak poprzednim razem. Interesuje nas nie potwierdzenie słuszności podjętych decyzji, lecz to, czy podejmując decyzje kierowano się racjonalnymi regułami, wynikającymi z modeli teorii gier. Otóż, podobnie jak w poprzednim przykładzie sytuacji decyzyjnej, obaj decydenci postąpili racjonalnie. Inne ich wybory prowadziłyby do skutków, które należałoby ocenić negatywnie.

Józef Kozielecki słusznie zauważył, że: „Nierzadko dochodzi do sytuacji konfliktowych, w których ani sama inteligencja Aleksandra Wielkiego, ani samo tylko doświadczenie Clemenceau, ani wreszcie «chłopski rozum» dobrego wojaka Szwejka nie wystarczają do znalezienia racjonalnego sposobu postępowania. Jedynie rzetelne i systematyczne badania naukowe mogą w przyszłości dostarczyć wiedzy o optymalnych metodach rozstrzygania kwestii sprzeczności interesów". Takie metody narodziły się podczas II wojny światowej. Stosowały je grupy badań operacyjnych, o których była już mowa. Badania operacyjne przez wiele lat traktowane były jako dział cybernetyki. Do czasu, aż przekształciły się w samodzielną dyscyplinę. Podobny los spotkał teorię gier. Dziś interesują się nią nie tylko matematycy i analitycy systemów, lecz także psychologowie, socjologowie, badacze różnych form konfliktów społeczno-politycznych. Zwiększeniu uległa skala analizowanych sytuacji decyzyjnych. W takich sytuacjach mogą dopomóc narzędzia bardziej elastyczne, jak chociażby gry komputerowe, w których komputer staje się jednym z uczestników

procesów decyzyjnych. W takich grach, na przykład, pojawiają się zmiany założeń sytuacji, a nawet całkowite stawianie ich na głowie: Napoleon wygrywa bitwę pod Waterloo, islam podbija Europę, lewicowi socjaliści i komuniści po pierwszej wojnie światowej obejmują władzę w Niemczech, albo Hitler pierwszy produkuje bombę atomową, albo... Przykłady takich hipotetycznych sytuacji można by mnożyć wprost w nieskończoność.

Współczesne pole walki stawia bardzo wysokie wymagania systemom sterowania: dowodzenia, sterowania środkami walki, kierowania zapleczem łączności i rozpoznania. Dotyczą one przede wszystkim operatywności, szybkiego reagowania, niezawodności i żywotności. Zjawiskiem niemal powszechnym jest nienadążanie procesów informacyjno-decyzyjnych, organizujących działania, za rozwojem procesów wykonawczych, związanych z użyciem sił i środków na polu walki. We współczesnej operacji konieczne staje się zbieranie, przesyłanie, przechowywanie i przetwarzanie informacji o kilku tysiącach obiektów własnych i przeciwnika. Dzieje się to w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu. Dowódca musi mieć pełne, aktualne i niezawodne informacje potrzebne do analizy i oceny sytuacji bojowej i podjęcia trafnych decyzji. Cybernetyka wkracza do dowództw i sztabów różnych szczebli.

Tak jak za czasów Miltiadesa, zwycięzcy spod Maratonu, Aleksandra Macedońskiego, Hannibala, Napoleona i wielu ich równie sławnych następców — do człowieka należy wybór czasu, miejsca i sposobu rozegrania bitwy. Człowiek ze swą wiedzą, doświadczeniem, intuicją, zdolnością myślenia produktywnego jest jeszcze niezastąpiony. Jednak, aby te jego wyjątkowe cechy mogły być racjonalnie wykorzystane na polu walki, a może raczej już wcześniej, musi dziś



Schemat zautomatyzowanego systemu sterowania środkami walki

być wspomagany przez komputery. Dowódcy zyskują nowego partnera w procesie dowodzenia. Jest nim komputer spełniający rolę „elektronicznego konsultanta". Stwarzać będzie lepszą niż dotychczas podstawę do wszechstronnego rozpatrzenia planów działania, wnikliwej analizy sytuacji, wykrycia trudnych do przewidzenia przeszkód i znalezienia sposobów ich pokonania.

Komputery pojawiły się w roli cokolwiek podejrzanej. Może w ten sposób realizują się przepowiednie o nieszczęściach, które ludziom niosą „maszyny". W latach sześćdziesiątych obiegła świat wiadomość o fałszywym alarmie w amerykańskim systemie obrony powietrznej. Zautomatyzowane urządzenia techniczne zidentyfikowały wtedy stado ptaków jako... nadlatujący pocisk przeciwnika. Podobnych fałszywych alarmów było już niemało. Jak dotąd człowiek zawsze w porę korygował błędy maszyn. Czy jednak zawsze tak będzie? Nietrudno wyobrazić sobie sytuację, w której złożoność systemów zautomatyzowanych przekracza możliwości człowieka pełnienia nad nimi skutecznej kontroli. W znanym u nas filmie pt. „War games" (Gry wojenne) kilkunastoletni chłopiec, genialny wprost informatyk, podłącza się ze swym komputerem do wojskowych systemów komputerowych, doprowadzając niemal do krawędzi wojny. Nie jest to sytuacja nierealna. Teoretycznie takie możliwości istnieją. Podobno Pentagon ogłosił kiedyś konkurs, aby przekonać się, czy można odkryć szyfr, o którym się mówi, że jest nie do złamania. Gdy jako pierwszy wpadł na trop tej elektronicznej kombinacji pewien student informatyki, trzeba było wyciągnąć wniosek, że nie istnieje hasło nie do złamania. Odkąd informatyka stała się niemal sportem narodowym, wydaje się, że dzieciaki bawiące się komputerami mogą uzyskać dostęp do supertajnych danych. A więc

scenarzyści wspomnianych „Gier wojennych" nie wykazali się jakąś szczególną pomysłowością.

Komputerowi przypadła jeszcze jedna szczególna rola. W systemach dowodzenia pewna liczba decyzji powinna być absolutnie racjonalna i nie może zostawiać miejsca dla ludzkiej słabości. Jest to konieczność przerażająca, lecz znajdująca pewne uzasadnienie. Jeśli przeciwnik wie o tym, że w razie ataku odpowie nie człowiek, lecz maszyna, jest bardzo prawdopodobne, że nie zaatakuje. Komputer stał się więc swoistą „bronią odstraszającą".

W książce R. Dzadoyana pt. „Le systeme Aristote" przedstawiono hipotezę, według której dwa nieprzyjazne mocarstwa, aby uniknąć skutków szaleństwa, zdają się na arbitraż swoich systemów komputerowych, podając sobie wzajemnie do wiadomości ich programy. Byłby to jedyny sposób na osiągnięcie wyniku remisowego. Uznano bowiem, że jedynym rozwiązaniem byłoby postawić naprzeciwko siebie dwóch doskonale racjonalnych przeciwników, tzn. dwa komputery. Według przyjętej hipotezy, jedyną prawdziwą różnicą między dwiema przeciwstawnymi siłami jest determinacja ludzi, ich „wolność do wyboru", zdolność podejmowania decyzji. Z powyższych rozważań wyłania się pewna utopia negatywna: maszyny podejmują decyzje o naszym losie, a ich rola polega właśnie na tym, że będzie im obca ludzka słabość.

Dla pewnej przeciwwagi sięgnijmy do wydarzeń opisanych przez Stanisława Lema w opowiadaniu pt. „Rozprawa", które stało się podstawą scenariusza filmu „Test pilota Pirxa". Przypomnijmy krótko jego fabułę. Pirx jest dowódcą statku kosmicznego „Goliath", którego załoga składa się z ludzi i robotów zwanych „nieliniowcami skończonymi", do złudzenia przypominającymi ludzi. Pirx nie wie jednak „kto jest kto". Podczas lotu do Saturna robot aranżuje

niebezpieczną sytuację zaprogramowaną przy pomocy komputera, w której mają zginąć ludzie, a on doprowadzi bezpiecznie „Goliatha" na Ziemię. Komputer przewidział, że w tej sytuacji każdy rozkaz dowódcy prowadziłby do katastrofy. Nie wziął tylko pod uwagę tego, że Pirx w obliczu niebezpieczeństwa zawaha się z wydaniem rozkazu. Dowódca statku zeznając po powrocie na Ziemię, stwierdził: „W ostatecznym rachunku uratowało więc nas, a jego zgubiło — moje niezdecydowanie, moja ślamazarna poczciwość, ta poczciwość ludzka, którą tak bezgranicznie gardził". Trzeba przyznać, że w kontekście opowieści o „wojnie cybernetycznej", wyznanie komandora Pirxa wprowadza nutę optymizmu.

Istotny dla ludzkości jest problem demilitaryzacji Kosmosu. Chodzi o to, aby w przestrzeni kosmicznej „nie zagnieździły się" uzbrojone Cyborgi i Golemy.

Znacznie sympatyczniejsze zapewne są GOLEM-y (General operator, Longrange, Ethically stabilized, Multimodelling) z opowiadania Lema, chociaż jednego z nich obdarzono inteligencją przewyższającą swoich konstruktorów i przedstawicieli elity intelektualnej XXI wieku. Wykład inauguracyjny GOLEM-a XIV jest zarazem głosem mędrca, kaznodziei, Kasandry i proroka, ukazującego współzależności i uwikłania między „grozą i gnozą" współczesności. Jego poprzednik GOLEM VI „...przeprowadził w roku dwa tysiące dwudziestym manewry globalne Paktu Atlantyckiego — w roli naczelnego dowódcy. Ilością elementów logicznych przewyższał on już przeciętnego generała. Pentagon nie zadowolił się wynikami gry wojennej z dwa tysiące dwudziestego roku, choć GOLEM VI pokonał w niej stronę symulującą przeciwnika, którą dowodził sztab, złożony z najwybitniejszych absolwentów uczelni w West Point." Z kolei „GOLEM XII, pełniący w czasie kryzysu patagońskiego funkcję sze-

fa sztabu generalnego, odmówił współpracy z generałem T. Oliverem, przeprowadziwszy bieżącą ocenę ilorazu inteligencji tego zasłużonego dowódcy." [36]

W ten sposób odnaleźliśmy Golema „militarystę". Jest on nie tylko groźny, lecz przede wszystkim realny. Dlatego jest taki groźny. Czy Napoleon Bonaparte sprostałby takim Golemom? Wellington przed bitwą pod Waterloo uważał, że obecność Napoleona jest równoważna 40000 żołnierzy. A jaka jest równoważność Golemów i, czy można ich wartość „przeliczać" na ludzi? Z pewnością można oszacować liczbę ludzi, którym mogą już dziś przynieść zagładę.

Czy Napoleon dysponując komputerem odniósłby zwycięstwo pod Waterloo, lub czy jego zwycięstwo pod Austerlitz byłoby jeszcze bardziej przekonujące? Pytania takie można mnożyć. Szukanie odpowiedzi na nie jest niewątpliwie pasjonującą zabawą intelektualną. Na razie niech nam wystarczy pasjonowanie się opisami jego zwycięstw i klęsk, tak jak pasjonujące są analizy bitew stoczonych przez Aleksandra Macedońskiego, Hannibala, Juliusza Cezara i wielu innych. Wprowadzają one nas w świat dawnych ludzkich zmagań, które aczkolwiek przysparzały ludzkości cierpień, to posiadały jakiś „ludzki wymiar". Tego wymiaru nie posiadają „wojny cybernetyczne", na razie prowadzone w umysłach niektórych ludzi i pamięciach komputerów.

Celowość rozważań poświęconych „wojnom cybernetycznym" wynika z ich groźby, gdyż, jak niegdyś zauważono: „Przy obecnym wskaźniku rozwoju prawdopodobieństwo globalnej zagłady nuklearnej wzrasta o 2% rocznie. W roku 2000 wyniesie 50%, czyli jeden do jednego".

---

36) S. Lem: Golem XIV. Kraków 1980.

XVI. Golem niepewny, czyli o złudzeniach determinizmu

„Nie zawsze tylko przyroda i rozum rządzą ludźmi. Również czysty przypadek, okoliczności na pozór bez znaczenia oddziałują na nich z taką siłą i trwałością, że mogą wycisnąć piętno na całej naturze człowieka."

(Montesqieu)

W języku potocznym funkcjonuje wiele różnych powiedzeń typu: „los tak chciał" lub „widocznie tak było pisane", „co ma wisieć, nie utonie" lub „każdy jest kowalem swego szczęścia", „Pan Bóg nierychliwy, ale sprawiedliwy" lub „niezbadane są wyroki boskie", albo „los nie wie, co to moralność" itp. Wyraża się w nich stosunek ludzi do „losu", a raczej jego wpływ na życie jednostek i społeczności, obejmujący postawy od fatalizmu do anarchizującego indywidualizmu. A przytoczyliśmy jedynie cząstkę tych powiedzeń, które oddają stosunek ludzi do czegoś, co filozofowie zwykli wiązać z pewnymi kontrowersjami pomiędzy „determinizmem a indeterminizmem", „prawami dynamicznymi a prawami statystycznymi", „koniecznością a przypadkiem". Ale najważniejszy wydaje się ten najbardziej ludzki wymiar losu, koncepcja losu, o której Jan Szczepański pisze: „jako o możliwości nieprzewidzianych, jako postanowienie człowieka w obliczu sił, zjawisk, na które człowiek zostaje wystawiony i z którymi musi sobie radzić, a na które nie ma wpływu, które są zupełnie od niego niezależne i które niekoniecznie są zapisane w układach genów, w strukturach społecznych, w naturze porządku kultury".

W innym miejscu powiedzieliśmy już, że postęp nauki oznacza proces stopniowej rezygnacji z prostego, niekiedy uproszczonego obrazu rzeczywistości, tworzonego przez „niegdysiejszą mądrość" i tzw. zdrowy rozsądek. Ten zaś doprowadza zwykle do determinizmu. Powyższą myśl należałoby uzupełnić o uwagę, iż postęp wiedzy naukowej przynosząc coraz bardziej złożony obraz rzeczywistości, jest jednocześnie dążeniem do zmniejszenia niepewności naszego poznania i działania, do redukcji wpływu „losu" na naszą przyszłość. Wzrost złożoności i zmniejszenie niepewności. Czyż nie kryje się w tym zjawisku pewna sprzeczność?

A czymże jest w końcu owa niepewność, którą tak pragniemy ograniczyć lub usunąć z naszego poznania i działania? Można z pewnością łączyć niepewność z określonym stanem jednostki lub grupy (ogólnie systemu), który charakteryzuje się występowaniem niepokoju, lęku, obaw, zagrożeń itp. W psychologii mówi się, że u człowieka wytwarzają się oczekiwania co do mających nastąpić zdarzeń oraz co do wyników własnych działań, czyli wytwarzają się określone nastawienia, natomiast rozbieżność między oczekiwaniem a rzeczywistością jest źródłem emocji. Oczekiwania mają charakter probabilistyczny, a więc z reguły zawierają jakiś stopień niepewności. Redukcja niepewności jest źródłem emocji dodatnich. Wysunięto hipotezę zakładającą, że ujemne emocje powstają przy niedoborze, a dodatnie przy nadmiarze informacji. Nietrudno więc znaleźć związek pomiędzy niepewnością a entropią i informacją. Czy jednak nadmiar informacji nie może się stać przyczyną emocji ujemnych?

Społeczeństwo stara się zredukować niepewność jednostkową wytwarzając mechanizmy zapobiegające dezintegracji struktur osobowościowych i zachowań

patologiczny[illegible] celu wprowadza się, na przykład, pod[illegible]ję pracy, tworzy organizacje społecz[illegible]spodarcze. Ale niepewność łączy [illegible] zagrożenia wolności jednostkowe[illegible]nych ról społecznych.

Innym in[illegible]nieniem jest indywidualne dostrzega[illegible]i i ryzyka. Wykazano na przykład, że ludzie przeceniają prawdopodobieństwo takich zdarzeń niepożądanych, jak: wypadki samochodowe, klęski żywiołowe, czy awarie reaktora atomowego, natomiast nie doceniają innych rzeczywistych niebezpieczeństw. Poziom oceny niepewności i ryzyka bywa zresztą u różnych ludzi różny, o jednych mówi się, że cechuje ich skłonność do ryzyka, a o drugich — skłonność do asekuracji.

Słusznie zauważa Józef Kozielecki, że: „niepewność i wieloznaczność będące wrogiem uczonego, są jednocześnie sojusznikiem artysty". Artysta modeluje niepewność i dostarcza nowych informacji o ludzkich losach, a celem jego nie jest jednak całkowita redukcja entropii. Znane są zresztą dzieła z kręgu sztuki współczesnej, których twórcy świadomie posługiwali się mechanizmami losowymi, generującymi określone dźwięki lub struktury plastyczne i językowe.

Uczony prawie nigdy nie osiąga doskonałej pewności i jasności. Usiłuje się do niej zbliżyć. Aby to osiągnąć nauka stopniowo rezygnuje z deterministycznego obrazu rzeczywistości, wprowadzając świadomie do tworzonych modeli niepewność, losowość, nadając mu jednak ścisłą matematyczną postać i sens. Matematyka wyłoniła, stosunkowo nie tak dawno, obszerny dział zwany teorią (rachunkiem) prawdopodobieństwa lub, po prostu, probabilistyką. Wiemy już, że cybernetyka, a badania operacyjne w szczególności, nader często sięgają do metod probabilistyki, bezspornie przyczyniając się do ich rozwoju. Wspo-

minaliśmy wszak o badaniach niezawodności systemów i kolejek oczekujących na obsługę.

Modele matematyczne i komputery stosowane są do „przepowiadania przyszłości", w prognozowaniu procesów, np. w badaniu tendencji rozwojowych (tzw. trendów). Dzięki lepszemu poznaniu ziawisk o charakterze losowym, pragniemy zmniejszyć swą niepewność co do skutków podejmowanych działań. Jest to swoiste „zmaganie się z losem", lecz z modelami i komputerem jako narzędziami „w ręku".

Golem, system cybernetyczny, pozbawiony ludzkich obaw przed „losem" i „zakodowanej niepewności" może okazać się sprzymierzeńcem człowieka. Wspominany już GOLEM Stanisława Lema nie posiada typowych dla człowieka ośrodków afektywnych i, co za tym idzie, życia emocjonalnego. A z emocjami przecież wiąże się niepewność. Jest to więc GOLEM „pewny".

Tenże GOLEM mówi o Einsteinie, że łaknął doskonałej harmonii świata jako poznawalności bez luk, co powodowało jego niechęć do zasady nieoznaczoności Heisenberga. Wyrażał to znanymi porzekadłami, że Bóg nie gra ze światem w kości, że „raffiniert ist der Herrgott aber boshaft ist Er nicht". I w ten sposób, dzięki GOLEMOWI dotarliśmy wreszcie do współczesnej nauki.

Jak wiemy Norbert Wiener szczególnym uznaniem darzył Willarda Gibbsa, bowiem upatrywał jego zasługi w ukazaniu po raz pierwszy jasnej metody naukowej, która uwzględniała niepewność i brała możliwość przypadkowości pod uwagę. Gibbs wprowadził pojęcie prawdopodobieństwa do fizyki, zanim jeszcze powstała właściwa probabilistyka. W świecie Gibbsa porządek jest czymś najmniej prawdopodobnym, chaos czymś najbardziej prawdopodobnym. Ale podczas gdy świat jako całość, o ile w ogóle istnieje

świat jako całość, ma tendencję niwelowania różnic, to istnieją lokalne enklawy, w których panuje tendencja przeciwna, a mianowicie ograniczona i czasowa skłonność do wzrastania stopnia organizacji. Życie znajduje swój dom w niektórych spośród takich enklaw. Ten punkt widzenia był rdzeniem, wokół którego cybernetyka zaczęła się rozwijać. Po tej opinii, trudno się dziwić, że Wiener Gibbsowi raczej niż Einsteinowi, Heisenbergowi czy Planckowi przypisywał pierwszy wielki przewrót w fizyce XX wieku.

Dziś uważa się, że „pojęcie prawdopodobieństwa jest podstawą opisu zjawisk atomowych" (R.P. Feynman); „musimy zrezygnować ze ścisłych praw, wszystkie prawa przyrody są w rzeczywistości zamaskowanymi prawami prawdopodobieństwa" (M. Born); „u źródeł ślepego posłuszeństwa znanym nam Prawom leży prawdopodobieństwo" (E. Schrodinger). Jednym z najistotniejszych faktów było zwrócenie przez Wernera Heisenberga uwagi na podstawowe ograniczenia naszych możliwości doświadczalnych, co znalazło wyraz w, fundamentalnej dla mechaniki kwantowej, zasadzie nieoznaczoności.

Nie tylko jednak Einstein przejawiał nieufność do praw statystycznych. Ta tendencja dominowała w latach pięćdziesiątych w Związku Radzieckim, nie tylko [illegible]reszta na gruncie mechaniki kwantowej. Znane są [illegible] typu „odchylenia" w biologii.

[illegible]olton, autor pięknego podręcznika fizyki, [illegible] wielu naukowców jest zdania, że wszy[illegible]rody są prawami prawdopodobień[illegible]sja tych praw opisuje jedynie [illegible]przewidujemy tylko najbar[illegible]zebieg wydarzeń, który wcale [illegible].wym.

[illegible] opinie formułowane są przez [illegible]h nauk. Nie brak co prawda opi-

nii podważających naukowy sens sądów probabilistycznych, tak jak nie brak poglądów wyrażających nadmierną, jak się wydaje, rolę przypadku. Ponownie pojawia się w naszych rozważaniach postać Jacquesa Monoda — autora kontrowersyjnej w swoim czasie książki pt. „Przypadek i konieczność", którą zirytował wielu biologów i filozofów (zwłaszcza marksistów), tak jak cytowaną już opinią zirytował wielu „systemowców". Monod reprezentuje tu „maszynowy" sposób widzenia systemów biologicznych (np. komórka jako maszyna cybernetyczna, organizm jako maszyna), podkreślając, że w badaniu tych systemów pomocna jest nie dialektyka, lecz logika komputerów. Wyraża stabilność oraz ścisłą determinację, a z drugiej strony absolutyzując przypadkowość ewolucji, dochodzi do zaprzeczenia obiektywnej dialektyki procesu życia i dialektyki w ogóle. Dodajmy tylko, że często zachwycała literacka strona dzieła Monoda, iście „francuska elegancja wyrażania myśli".

Inny noblista i także biolog Manfred Eigen zatytułował swą napisaną wspólnie z R. Winklerem pracę: „Gra", a podtytuł jej brzmi: „Prawa natury sterują przypadkiem". W poglądach M. Eigena brak jest, charakterystycznego dla J. Monoda, animistycznego przeceniania roli przypadku. Autorzy tej fascynującej książki piszą we wstępie: „Winniśmy pojąć: ani człowiek nie jest pomyłką natury, ani też nie troszczy się ona w sposób automatyczny i oczywisty o zachowanie go. Człowiek jest uczestnikiem wielkiej gry, której wynik jest dla niego otwarty. Winien rozwinąć w pełni wszystkie swe umiejętności, by utrzymać się jako gracz i nie stać się igraszką przypadku". Powyższe zdania w pełni wyrażają sens tej książki i, jak się wydaje, sens cybernetycznego ujęcia działania człowieka w świecie.

Ten swoisty „wypad" w przyszłość spowodował, że

natychmiast pojawił się, kolejny już raz, Stanisław Lem ze swoją „wizją świata". Otóż, należy już na wstępie stwierdzić, że jest to w pełni wizja statystyczna. Lem wyraźnie opiera się (np. w „Śledztwie" i „Katarze") na koncepcji filozoficznej, będącej przeniesieniem teorii ruchów Browna i zasady nieoznaczoności Heisenberga na rzeczywistość ludzką. W „Śledztwie" naukowiec Sciss reprezentuje, w przeciwieństwie do „przyczynowego" porucznika Gregory'ego, statystyczną metodologię (historia „jest ziszczeniem się brownowskich ruchów, statystycznym tańcem cząstek, które nie przestają marzyć o innym doczesnym świecie"). Niemal cały, wspaniały „Katar" potraktowany jest jako eksperyment zmierzający do stworzenia rzeczywistości literackiej jako funkcji przypadku, procesów czysto statystycznych, odpowiednika świata, w którym przestała obowiązywać klasyczna przyczynowość.[37] Rozwiązania czysto kryminalnej zagadki „Kataru" dokonuje Lem przez wybór przypadkowego zbiegu okoliczności jako czynnika rozwiązującego splot wypadków. Los byłego astronauty jest ilustracją losowej, statystycznej zasady świata. Zagadkę tę zrodził mechanizm losowy i taki sam mechanizm ją rozwiązał. Działało po prostu prawo wielkiej liczby. Autor rozprawy naukowej poświęconej twórczości Lema, A. Stoff zwraca uwagę na to, że przez przyjęcie zasad losowych wyzbywa się tragiczności. Chyba trafnie zauważa, że: „Przenosząc motywację z mikroskali atomowej na świat makrozjawisk — nie mamy prawa wymagać, by budowała ona wartości inne niż te, jakimi dysponuje na pierwotnym terenie swego wystąpienia. Statystyka, jeśli idzie o ludzką egzystencję, nie jest ani nowoczesną wersją Przeznaczenia, ani Bogiem Nauki".

---

[37] A. Stoff: Powieści fantastyczno-naukowe Stanisława Lema. Toruń 1983.

Wspaniale z wizjami powieściowymi korespondują uwagi Lema o poznaniu pozazmysłowym, o którym było, bywa i na pewno będzie jeszcze głośno. „Gdy traf jest błahy, niczym opisany, ulega zapomnieniu, gdy natomiast wiąże się z zajściem dramatycznym, jak czyjaś choroba, śmierć, katastrofa itp., wówczas koincydencja trafów staje w łunie tajemniczej niezwykłości i skłania do wyjaśnień, wykraczających poza czysty przypadek, skąd już tylko krok do podejrzewania o ingerencję czynników rodem z parapsychologii. (...) Jeśli dziesięć milionów mieszkańców wielkiego miasta co noc śni, to jest właśnie zupełnie prawdopodobne, czyli normalne, że niewielki ułamek tych milionów, np. 24000, wyśni śmierć jakiejś bliskiej osoby. Z kolei jest też prawdopodobne, że w ciągu najbliższych tygodni komuś z tych 24000 ludzi zemrze bliska osoba. Któż bowiem nie ma schorowanych krewnych i wśród czyich znajomych nie zdarzają się nigdy nieszczęśliwe wypadki? Lecz powyższym statystycznym sposobem nikt oczywiście nie myśli. Nikt nie powiada o sobie, że jest elementem bardzo silnie liczebnego zbioru, toteż zamiast uznać sen i jawę za dwie zmienne niezależne, chodzi rażony niesamowitym uczuciem, że przewidział nieszczęście nim do niego doszło. A jeśli się komuś w toku życia koincydencja taka przytrafi dwa razy, nie ma już wówczas rady: nic nie wybije temu człowiekowi z głowy przeświadczenia, że nachodzą go wieszcze sny. Rozumowanie nie dotyczy oczywiście jedynie snów, lecz wszelkich zbiorów, przecinających się, chociaż przyczynowo nie związanych. Życie nasze biegnie, aby tak rzec, w morzu niezliczonych naraz statystyk, przy czym cywilizacja jest urządzeniem mającym losowość rugować z powszechnej egzystencji realnie (np. profilaktyką leczniczą oraz bezlikiem zabiegów porządkujących, np. ruch na drogach, lub

co najmniej, np. ubezpieczeniami, minimalizującymi skutki losowych zajść), kultura zaś w znacznej mierze likwiduje losowość swoistym jej »odtłumaczeniem«".[38]

Jaki jest więc ten świat, „każdy dobrze widzi", chciałoby się uciec do wykrętnej odpowiedzi na to pytanie. Być może należałoby szukać tej odpowiedzi między skrajnościami, jako że te są, jak twierdził Kartezjusz, z natury najgorsze. Jak można sobie wyobrazić te skrajności — niech posłuży przykład zaczerpnięty ze „Smutku spełnionych baśni" Kozieleckiego. W pewnym hrabstwie najcięższym problemem była niepewność. Ona to powodowała, że obywatele byli często niezadowoleni, przeżywali stresy, lęki i depresje. „Człowiek patrzy w przyszłość i widzi przed sobą ciemną ścianę: nie wie, czy jutro czeka go sukces, czy klęska. Ogląda się wstecz i grzęźnie w niejasności zdarzeń minionych. Żyjemy w niepewności jak ryba w wodzie. Jedyną oazą pewności jest śmierć, chociaż również nie wiadomo, kiedy ona nastąpi. (...) Taka sytuacja rodzi niepokój, lęk, melancholię, zachowanie neurotyczne. Ludzie kurczą się, więdną, ich twarze stają się blade jak wosk. W każdej chwili obłęd może zapukać do ich drzwi" — tak relacjonowano uroki życia w „świecie niepewności". Całkiem odmienny eksperyment przeprowadzono w Bellstone. Tam bowiem: „Mieszkańcy miasta żyją w świecie całkowicie pewnym, bez nieokreśloności, bez wieloznaczności. Jak w utopii i w sielance". Czy więc mieszkańcy Bellstone są szczęśliwi, a w każdym razie szczęśliwsi od żyjących w „totalnej niepewności"? Niestety, „życie w całkowicie pewnym świecie przypomina koszmar! (...) Pewność pozbawia ludzi wielu przywilejów... na przykład nadziei i iluzji. Jeśli

---

[38] S. Lem: Rozprawy i szkice. WL, Kraków 1975.

wszystko jest całkowicie pewne i dobrze znane, to przeżycie nadziei traci swój sens. (...) Istnienie bez nadziei przypomina życie w stalowej komorze, w której wcześniej czy później zabraknie powietrza". Jednym ze skutków życia w pewności było to, że Bellstone opuścili... uczeni („Naszą misją jest rozjaśnianie niepewności o naturze; cóż więc mamy robić w tym mieście, gdzie wszystko jest określone?) oraz literaci („Niepewność jest budulcem, z którego formujemy nasze dzieła"). Tak mogą przedstawiać się dwie skrajne wizje: „świat całkowitej niepewności" i „świat całkowitej pewności" i obie wizje nie skłaniają do ich akceptacji. Po prostu nie sposób w nich żyć. Z ulgą trzeba przyjąć fakt, że obie są kreacją literacką. Takich kreacji było zresztą znacznie więcej. Zatrzymajmy się przez chwilę nad jeszcze jedną, wielce realistyczną, a pochodzącą z arcydzieła M. Antonioniego. Fotografik, bohater „Powiększenia", był świadkiem konkretnego wydarzenia, które zarejestrował na kliszy fotograficznej. Z chwilą jednak, gdy znikają te materialne dowody wydarzenia, przestaje niejako „wierzyć" w jego realność, zatraca poczucie realności, granicy między snem a jawą, traci pewność, którą mu dawały zdjęcia fotograficzne. Ogarnia go niepewność.

Bez prawdopodobieństwa, ściślej modeli probabilistycznych, trudno wyobrazić sobie współczesną cybernetykę, tzn. bez koncepcji teorii gier, adaptacji, samoorganizacji, optymalizacji systemów informacyjnych, programowania stochastycznego, modeli niezawodności, kolejek, kontroli jakości itp. I to było już wystarczającym powodem, aby w rozważaniach o cybernetyce znalazła się refleksja nad niepewnością, przypadkiem, prawdopodobieństwem i statystyką.

Na zakończenie znów oddajmy głos Janowi Szczepańskiemu: „Może kiedyś skonstruujemy komputery

symulujące i przewidujące wszystkie możliwe kombinacje wyznaczające los, komputery symulujące umysł wszechwiedzący, ale tymczasem chcąc nie chcąc podzielamy wiarę starożytnych Greków: wszystkie nasze sprawy trzymają w rękach stare Parki i nigdy nie wiemy, co uczynią w następnej minucie. Wybierając drogę przejazdu samochodem nie wiesz o tym, że może nadjeżdża samochód, którego nietrzeźwy kierowca wpadnie na czekających zabijając i raniąc. Wchodząc na salę zebrania nie wiesz, że spotkasz tu człowieka, który zmieni zupełnie twoje życie. Wszystko to jednak w ramach wyznaczonych, uporządkowanych dróg, które wybierasz, i w tym sensie jesteś kowalem swojego losu. Tylko bez arogancji — gdyż twój młot i twoje kowadło są podporządkowane zbyt wielu niewiadomym, za dużo tu jest sił nieznanych i nie kontrolowanych przez ciebie, żebyś mógł mieć ostateczną pewność, co wykujesz swoimi narzędziami".

„Prawdziwą poezją naszej epoki i jej najbardziej płodnym poematem jest tajemnica, która zaczyna się i kończy niewiadomą."

(Lawrence Durrel)

W szkicach, jakie złożyły się na niniejszą książkę staraliśmy się zwrócić szczególną uwagę na te sprawy, które są, oczywiście, przedmiotem zainteresowania cybernetyki i cybernetyków. Chociaż nie tylko cybernetyków. I właśnie dlatego wydawało się nam tak ważne, aby przypomnieć myśli tych, którzy cybernetykę tworzyli i tych, którzy ją tworzą nadal. Dzięki temu może staną się bardziej znane postacie wielu „ludzi myślących" — myślących o tych sprawach, o których myślą także przedstawiciele innych dyscyplin i profesji, tyle że w nieco odmiennych kategoriach. Odmiennych od kategorii cybernetyczno-systemowych.

Gdyby pisać historię cybernetyki, należałoby napisać historię porównawczą. Pokazać rozwój cybernetyki wobec rozwoju innych nauk. To zadanie czeka jeszcze na wykonanie. Mówiliśmy o „przodkach" cybernetyki raczej z przyzwyczajenia, z tradycji. Nie było to konieczne. Gdy się patrzy na te różne dziedziny wiedzy naukowej i praktycznej, które wyłoniły się z cybernetyki, przypomina się przypadek Łomonosowa — człowiek prostego pochodzenia, który zapytany z ironią o swych znakomitych przodków —

odparł: Nie potrzebuję ich, sam jestem znakomitym przodkiem.

Wątpliwej wartości zjawiska i postawy nie omijają także społeczności naukowców, a cybernetycy nie należą tu wcale do wyjątków. Wielu ludzi więcej niż wykształconych, bo parających się nauką, można spotkać na pograniczu utopii i paranauki, wdziewających niekiedy szaty nowoczesnych „magów". W świetnej powieści J. Fowlesa pt. „Mag" odnaleźć można, jako treść jednego z artykułów kodeksu Towarzystwa Krzewienia Rozumu, następujące zdanie: „Pierwszym obowiązkiem nauki jest tępienie wszelkich form głupoty, wszelkich jej przejawów w życiu społecznym i międzynarodowym".

Staraliśmy się także poznać, chociaż pobieżnie, okres, który przyniósł narodziny cybernetyki. Jak pisał Leopold Infeld: „Rewolucje w nauce, podobnie jak wszystkie wielkie przewroty historyczne, wybuchają wtedy, gdy czasy do nich dojrzeją. Aby zrozumieć, czym są i dlaczego zachodzą, trzeba poddać analizie epokę, w której się pojawiają."

Cybernetyka pojawiła się wtedy, kiedy powinna się pojawić, gdyż właśnie czasy do niej dojrzały. A że niosła ze sobą nowe idee, to musiała przejść przez trzy etapy, które trafnie wyróżniał, cytowany niejednokrotnie, Artur Clarke. Pierwszy etap: to jest szaleństwo, a więc szkoda na to czasu; drugi: to jest możliwe, że to był dobry pomysł; wreszcie trzeci: zawsze mówiłem, że to był dobry pomysł! Mówiąc poważnie można wyróżnić trzy inne okresy, przez które musi przejść każda chyba nauka, a mianowicie okres prekursorski, szkolny i krytyczny. Można się zgodzić z opinią, iż cybernetyka weszła w trzeci z wymienionych okresów. Można także dokonać innej periodyzacji rozwoju cybernetyki. W okresie pierwszym, który nazwiemy „wienerowskim", uwaga koncentro-

wała się na maszynach, zwierzętach, organizmach i takich ich właściwościach, jak: sterowalność, obserwowalność, stabilność, adaptacyjność itp. Okres drugi, współczesny, charakteryzuje szczególne zainteresowanie systemami autonomicznymi i ich sieciami, badaniami homeostazy organizmu i homeostazy społecznej, a także transformacjami zasileń i informacji. Okres trzeci to przyszłość. Wydaje się, że ten okres cechować będzie większy niż dotychczas pragmatyzm. Wyrażać się on będzie z pewnością jeszcze większym zainteresowaniem modelowaniem globalnym, prognozowaniem rozwoju, zastosowaniami „nowej generacji" systemów sterowania społecznego, znacznie efektywniej działających niż systemy dotychczasowe. Towarzyszyć temu będzie powszechna komputeryzacja i robotyzacja oraz funkcjonowanie „globalnych" systemów informacyjnych.

Przedstawione tendencje rozwojowe cybernetyki nie jest zbyt trudno określić. Nie są więc one przesadnie oryginalne. Wystarczy oprzeć swój sąd na obserwowanych trendach rozwoju poszczególnych dziedzin nauki i techniki. Znacznie trudniej odpowiedzieć na nieco inaczej postawione pytanie, a mianowicie: czy w przyszłości ludziom będzie się żyło lepiej, czy będą szczęśliwsi? Obserwując dzisiejszy świat można dojść do niezbyt optymistycznych wniosków. Ale może to kwestia bardziej etyki niż technologii?

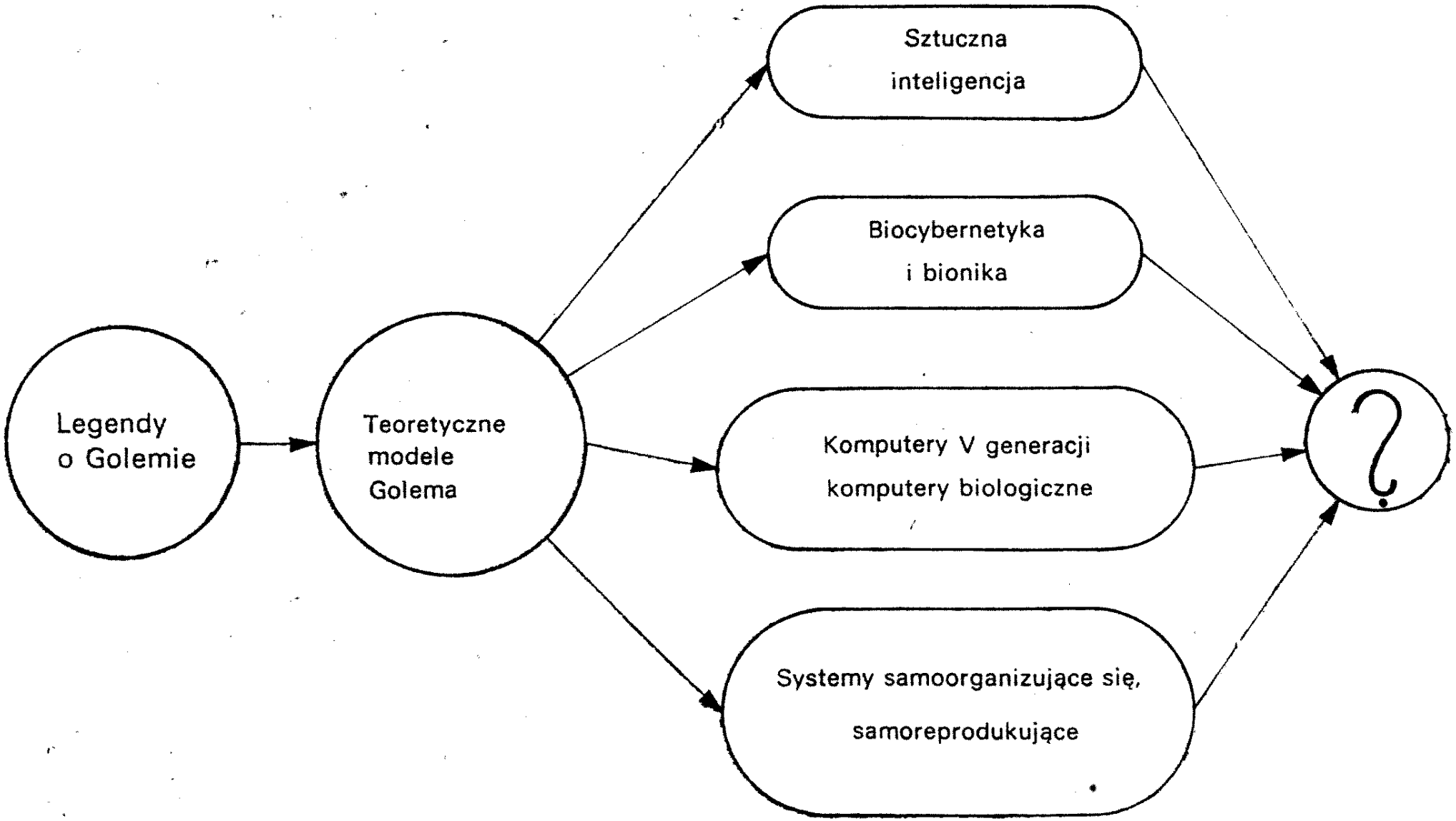
O niektórych „cybernetycznych" niebezpieczeństwach i zagrożeniach wspominaliśmy, choć prawdą jest, że czyniliśmy to raczej z przymrużeniem oka. Nie wydaje się, aby największe zagrożenie dla ludzkości należało wiązać z komputerami, robotami i Golemami. Niekiedy można sądzić, że stanowią one „temat zastępczy", mający na celu odwrócenie uwagi od spraw większej wagi. Podobno kontestatorzy podczas „rewolty studenckiej" w Paryżu w 1968 roku znisz-

czyli niejednego IBM-a. Terroryści w opowiadaniu Lema usiłowali wysadzić w powietrze Golema jako największe zagrożenie dla ludzkiego gatunku. I czy nie należy przyznać racji temuż Golemowi, gdy uważał, że Wysoki Rozum nie ma o czym gadać z pętakami?

Wiener często przypominał znaną bajkę Goethego o czarnoksiężniku i jego uczniu, który zapomniał zaklęcia wobec miotły noszącej wodę. Greniewski natomiast — podanie żydowskie o Golemie. Miało to służyć ostrzeżeniu przed zbytnim zaufaniem w siłę rozumu ludzkiego. Jeśli komputery i roboty potraktujemy jako te „miotły", to możemy powiedzieć, że zaczęły już „nosić wodę". Z pewnością można sobie z nimi poradzić, bez potrzeby posługiwania się jakimiś specjalnymi zaklęciami. A z Golemem? Bardziej interesowali nas jego „poszukiwacze", teoretycy cybernetyki i „sztucznej inteligencji". Na razie okazuje się, że możliwy jest Golem „spolegliwy".

I jeszcze jedna uwaga. Autor opowieści o „poszukiwaczach Golema" wyraził pogląd, iż cybernetyka, przyrównując jej rozwój do rozwoju fizyki, miała zapewne swego Galileusza, czy miała swego Newtona, można się spierać, ale na pewno nie miała swego Einsteina.

Chcąc, na zakończenie, jasno sformułować podstawowe pytania stawiane przez cybernetykę należy wyróżnić dwa rodzaje cybernetycznych problemów naukowych. Pierwszy — teoretyczny — obejmuje zagadnienia ogólnych praw sterowania procesami zachodzącymi w systemach społecznych, biologicznych i technicznych. Aby sformułować te prawa, cybernetycy „poszukują Golema", czyli tworzą modele tych systemów pozwalające na głębsze niż dotychczas poznanie procesów sterowania. „Golem" nie jest zatem celem samym w sobie, lecz środkiem poznawania tych



Ewolucja koncepcji Golema

procesów. W „sztucznej inteligencji" nie chodzi przecież o to, aby znaleźć „maszyny" wyręczające ludzi w myśleniu, w twórczości naukowej i artystycznej, ale o to, aby wreszcie poznać istotę zjawiska myślenia a myślenia produktywnego w szczególności. A jeżeli uzyskiwane, niejako „po drodze", rezultaty okazują się na tyle interesujące, że przynoszą np. satysfakcję estetyczną, to fakt ten nie może przysłaniać zasadniczego celu tych badań. Golem — bohater naszej opowieści o cybernetyce i cybernetykach — nie musi ponadto oznaczać jakiegoś strasznego potwora, nie należy go przecież traktować tak dosłownie jak Szulkin czy niemieccy ekspresjoniści. Może tym Golemem być np. program komputerowy symulujący określone funkcje „homo sapiens". O nic innego w zasadzie cybernetykom nie chodzi.

Cybernetyczne problemy drugiego rodzaju obejmują zagadnienia techniczne związane z budową urządzeń technicznych — takich, jak komputery i roboty — wspomagających człowieka w różnorodnych działaniach.

Łączne opatrzenie cybernetycznych problemów kryptonimem „Golem", a raczej „Poszukiwanie Golema" wydawało się więc nie tylko literacką przenośnią, lecz pewnym hasłem wyrażającym ogólną ideę badań cybernetycznych. A że przy okazji mogą powstać niezbyt przyjemne skojarzenia, to niech winę za to ponoszą ci, którzy w różnych okresach próbowali piórem lub kamerą filmową „straszyć" ludzi Golemami, cyborgami lub robotami. Tak jakby mało było na świecie powodów do znacznie bardziej realnych obaw.

Wybitny polski matematyk Mark Kac, zakończył swój wykład (poświęcony procesom stochastycznym) słynnym powiedzeniem Russela lub Whiteheada. Kiedyś jeden z nich miał wykład, a drugi był przewodni-

czącym. Nie tylko słuchacze mieli dość tego wykładu, ale także przewodniczący. Gdy wykład dobiegł końca, przewodniczący powiedział zdanie, które było jednocześnie uprzejme i prawdziwe.

Powiedział po prostu: „Musimy być wdzięczni wykładowcy, że nie zaciemnia dalej tego i tak już zawikłanego przedmiotu".

Aby nie padło podobne zdanie podczas opowieści o cybernetyce i cybernetykach należy tę opowieść po prostu zakończyć. Nie oznacza to, że dobiegły końca dzieje cybernetyki. I jeszcze ostatnia uwaga, w całej książce nie znalazł się ani jeden „wzór matematyczny", a przecież cała cybernetyka „aż się roi od matematyki", gdyż bez niej jest po prostu nie do pomyślenia. Brak modeli matematycznych nie wynika bynajmniej z przekonania o niechęci do niej ze strony Czytelników, lecz z przypuszczenia, że cybernetyka matematyczna jest tematem nieco innego opowiadania. Zapewne bardziej interesującego.

Adaptacja — samodzielne lub wymuszone z zewnątrz przystosowanie systemu do zmienionych warunków otoczenia i/lub zmian wewnątrz samego systemu.

Adaptacyjność — zdolność systemu do adaptacji.

Algorytm — dokładny, jednoznacznie określony, przepis wykonania skończonej liczby operacji, pozwalający na rozwiązanie każdego zadania danego typu.

AI — zob. Sztuczna inteligencja.

Analiza systemowa — systematyczny sposób formułowania i rozwiązywania złożonych problemów decyzyjnych zmierzający do osiągnięcia szerszych celów i bardziej efektywnie niż w przypadku gdyby poszczególne elementy systemu analizowano w izolacji; rozwinięcie badań operacyjnych.

Analogia — podobieństwo między różnymi obiektami (rzeczami, zjawiskami, procesami itp.), dotyczące pewnych określonych i wyróżnionych cech.

Automat — obiekt działający w pełnym cyklu bez bezpośredniego udziału człowieka, zgodnie z określonym algorytmem.

Automatyzacja — zastosowanie technicznych środków automatyki i informatyki (głównie komputerów) do usprawnienia działania obiektów (procesów, systemów).

Automatyka — dziedzina praktyczna, zajmująca się zasadami praktycznej realizacji technicznych systemów sterowania.

Badania operacyjne — dziedzina, zajmująca się rozwiązywaniem rzeczywistych problemów organizacyjnych (decyzyjnych) za pomocą metod matematycznych.

Biocybernetyka — nauka, zajmująca się badaniem swoistych dla żywych organizmów ogólnych zasad i konkretnych mechanizmów celowej samoregulacji oraz wzajemnego oddziaływania z otoczeniem.

Bionika — dyscyplina cybernetyczna zajmująca się badaniem, analizą i modelowaniem wybranych funkcji organizmów żywych w celu wykorzystania uzyskanych wyników do rozwiązywania problemów technicznych i biologicznych.

Bit — jednostka ilości informacji określona dla dwuelementowego zbioru zmiennych losowych, określona na podstawie logarytmów dwójkowych.

Bodziec — wszelkie działanie na wejściu systemu (układu).

Cel działania — zamierzenie przez system (układ) osiągnięcia pożądanego stanu (lub przeciwdziałania stanom niepożądanym).

Cybernetyka — nauka o sterowaniu w ogólności.

Cybernetyka ekonomiczna — dziedzina, zajmująca się zastosowaniami pojęć i metod cybernetyki do badania zjawisk ekonomicznych, a w szczególności — poszukiwania skutecznych metod kierowania procesami gospodarczymi.

Cybernetyka medyczna — dziedzina, zajmująca się zastosowaniami pojęć i metod cybernetyki w medycynie.

Cybernetyka pedagogiczna — dziedzina, zajmująca się zastosowaniami pojęć i metod cybernetyki w badaniach pedagogicznych.

Cybernetyka techniczna — dział cybernetyki, zajmujący się rozwiązywaniem problemów sterowania systemami technicznymi.

Cybernetyka wojskowa — dziedzina, zajmująca

się zastosowaniami pojęć i metod cybernetyki do rozwiązywania problemów sterowania procesami walki zbrojnej.

Cyborg — system stanowiący sprzężenie organizmu z urządzeniami technicznymi w celu utrzymania równowagi wewnętrznej organizmu.

Człowiek-maszyna — filozoficzna koncepcja traktowania organizmu ludzkiego jako maszyny.

Decyzja — wybór nielosowy celu, sposobu i środków działania.

Determinizm — filozoficzny pogląd przyjmujący istnienie przyczynowej zależności między zjawiskami.

Efektor — układ, za pomocą którego system oddziałuje na otoczenie.

Efektywność działania — określona relacja między uzyskanymi wynikami i nakładami potrzebnymi do osiągnięcia tych wyników lub relacja między celem działania a przewidywanymi środkami potrzebnymi do osiągnięcia celu; własność systemu wyrażająca zdolność do osiągania zamierzonych celów.

Entropia — miara nieokreśloności i stopnia nieuporządkowania sytuacji (układu).

Funkcja celu (kryterialna) — funkcja wyrażająca w zadaniu optymalizacyjnym cel działania w postaci ilościowej.

Generacja komputerów — umowne określenie grupy komputerów na określonym poziomie rozwoju elektroniki lub organizacji systemów.

Golem — termin wywodzący się z żydowskiej legendy o sztucznym człowieku; model zachowania człowieka imitujący wolny bieg skojarzeń, stan snu i jawy, marzenia senne, posługiwanie się językami, rozumowanie itp.

Gra — model działania co najmniej dwóch uczestników (graczy) posiadających niezgodne cele.

Homeostat — model odwzorowujący zjawisko homeostazy.

Homeostaza — stan równowagi dynamicznej; zdolność

utrzymywania przez system stanu równowagi dynamicznej.

Homunkulus — sztuczny człowiek, wytworzony według średniowiecznej legendy przez alchemików.

Informacja — według W. Głuszkowa, wszelkie wiadomości o procesach i stanach dowolnej natury, które mogą być odbierane przez organy zmysłowe człowieka lub przez przyrodę.

Informatyka — dziedzina zajmująca się technicznymi i programowymi środkami przetwarzania informacji oraz zagadnieniami związanymi z ich zastosowaniami.

Izomorfizm — relacja między dwoma obiektami polegająca na tym, że poszczególne elementy jednego obiektu są jednoznacznie przyporządkowane odpowiednim elementem drugiego obiektu.

Język — określony system znaków służący do przekazywania informacji między określonymi obiektami.

Język programowania — język służący do komunikowania się człowieka z komputerem; służy do formułowania programów.

Kanał informacyjny — układ, w skład którego wchodzą: nadawca informacji, odbiorca informacji, transformator informacji z zewnętrznym źródłem zakłóceń.

Komputer — elektroniczna maszyna cyfrowa; system służący do przechowywania i przetwarzania informacji, składający się z układów: wejścia — wyjścia, sterowania, pamięci i arytmometru.

Komunikat — wszelki skończony zbiór będący pewną porcją informacji.

Mikrokomputer — komputer, którego podstawowym układem jest mikroprocesor.

Mikroprocesor — układ scalony zawierający arytmometr i sterowanie.

Model — obraz określonego obiektu będącego oryginałem, jego odwzorowanie w określonym języku i dla określonych potrzeb.

Modelowanie — proces konstruowania pożądanego

obrazu określonego obiektu rzeczywistego (oryginału) w celach poznawczych lub praktycznych.

Myślenie — łańcuch operacji, za pomocą których przetwarzane są informacje, czyli treści zakodowane w spostrzeżeniach, wyobrażeniach i pojęciach.

Niezawodność — cecha elementu (systemu) wyrażająca zdolność do sprawnego działania w określonym czasie.

Obiekt sterowania lub układ (system) sterowany — układ (system) podlegający na wejściu zewnętrznym wpływom oddziaływania układu (systemu) sterującego.

Optymalizacja — całokształt działań mających na celu znalezienie najlepszego rozwiązania (w sensie przyjętego kryterium) zadania optymalizacyjnego.

Organizm — system wykazujący istotne cechy życia, w szczególności zdolność samoorganizacji.

Oryginał — obiekt (proces, system) będący przedmiotem modelowania.

Otoczenie — wszystko, co znajduje się poza układem (systemem) i co może wywierać na niego wpływ lub co może być przedmiotem oddziaływania układu.

Pamięć — układ służący do przechowywania informacji, umożliwiający zapis i odczyt tej informacji.

PTC czyli Polskie Towarzystwo Cybernetyczne — społeczne stowarzyszenie naukowe mające na celu popieranie, krzewienie i popularyzację cybernetyki i jej praktycznych zastosowań.

Proces — wszelki ciąg następujących po sobie, wzajemnie uporządkowanych zdarzeń (stanów), prowadzących do określonego celu.

Procesor — układ systemu liczącego (komputera) służący do przetwarzania informacji i składający się z arytmometru i sterowania.

Programowanie komputerów — projektowanie programu, czyli algorytmu zapisanego w określonym języku

programowania, służącego do realizacji określonego zadania za pomocą komputera.

Programowanie matematyczne — metody rozwiązywania zadań optymalizacyjnych.

Psychocybernetyka — dziedzina zajmująca się zastosowaniami pojęć i metod cybernetyki w psychologii.

Reakcja — wszelkie działanie na wyjściu układu (systemu), tzn. oddziaływanie układu na otoczenie.

Receptor — układ, za pomocą którego otoczenie oddziałuje na system.

Regulacja — sterowanie w parze układów, pomiędzy którymi występuje sprzężenie zwrotne.

Regulator — układ mający za zadanie dążenie do utrzymywania zadanego przebiegu procesu regulowanego.

Robot — system techniczny o wyznaczonym zakresie funkcji usługowych i/lub produkcyjnych, użytecznych z punktu widzenia potrzeb człowieka.

Równowaga — stan systemu, w którym nie zachodzą istotne zmiany w strukturze ani w warunkach określających ten stan.

Samoorganizacja — zdolność systemu do adaptacji bez naruszenia stanu względnego odosobnienia.

Samosprzężenie — identyfikacja jednego z wyjść układu (systemu) z jednym z jego wejść.

Socjocybernetyka lub cybernetyka społeczna — dziedzina, zajmująca się zastosowaniami pojęć i metod cybernetyki w badaniach socjologicznych.

Sprzężenie — oddziaływanie jednego układu (elementu, systemu) na drugi.

Sprzężenie informacyjne — sprzężenie polegające na identyczności wyjścia informacyjnego jednego układu z wejściem informacyjnym drugiego.

Sprzężenie zasileniowe — sprzężenie polegające na identyczności wyjścia zasileniowego jednego układu z wejściem zasileniowym drugiego.

Sprzężenie zwrotne — sprzężenie występujące wte-

dy, gdy dwa układy oddziałują na siebie wzajemnie; może być dodatnie lub ujemne.

Stabilność — zdolność układu (systemu) do stanu równowagi w przypadku jej zakłócenia.

Stan układu (systemu, procesu) — zestaw wartości cech, charakteryzujących układ w danej chwili lub w pewnym przedziale czasu.

Sterowanie — wszelkie oddziaływanie jednego układu (systemu) na drugi w celu uzyskania pożądanych zmian przebiegu procesów w nim zachodzących (lub przeciwdziałania zmianom niepożądanym).

Struktura — zbiór relacji (powiązań, sprzężeń) pomiędzy elementami (układami) tworzącymi system.

System — całość utworzona ze zbioru elementów i relacji (powiązań) między nimi.

System sterowania — system zapewniający realizację procesu sterowania określonym procesom wykonawczym (roboczym).

System informacyjny — system realizujący zadania zbierania, przesyłania, przechowywania, przetwarzania i udostępniania informacji zgodnie z potrzebami określonych użytkowników.

System informatyczny — system informacyjny realizujący swe zadania za pomocą metod i środków informatyki.

System teleinformatyczny — system będący swoistą syntezą systemu (systemów) informatycznych i systemów telekomunikacyjnych (lub sieć komputerowa).

System autonomiczny — system posiadający zdolność do sterowania oraz zdolność przeciwdziałania jegó utracie.

Sztuczna inteligencja — dziedzina zajmująca się metodami automatycznego rozwiązywania zadań, rozumienia i tłumaczenia języków, dowodzenia twierdzeń, rozpoznawania obrazów i mowy itp.

Teoria gier — dyscyplina matematyczna rozpatrująca

gry jako modele matematyczne określonych sytuacji decyzyjnych, w których uczestniczą co najmniej dwie strony o niezgodnych celach działania; znajduje zastosowanie w rozwiązywaniu problemów sterowania systemami.

Teoria grafów — dyscyplina matematyczna zajmująca się badaniem właściwości grafów, czyli obiektów zdefiniowanych przez zbiór wierzchołków grafu i zbiór gałęzi grafu.

Teoria informacji — dziedzina zajmująca się badaniem wszelkich (ilościowych i jakościowych) aspektów informacji (procesów informacyjnych); wyróżnia się najczęściej ilościową i jakościową teorią informacji.

Teoria niezawodności — dziedzina zajmująca się badaniem ilościowych własności elementów (układów, systemów) z punktu widzenia sprawności ich działania (występowania uszkodzeń).

Teoria obsługi masowej — dyscyplina matematyczna zajmująca się badaniem zjawisk losowych związanych z funkcjonowaniem obiektów opisywanych jako systemy obsługi masowej (teoria kolejek).

Tor sterowniczy — obiekt, za którego pośrednictwem jeden system oddziałuje na drugi.

Teoria systemów ogólnych lub ogólna teoria systemów — dziedzina zajmująca się badaniem własności systemów ogólnych, czyli systemów pojęciowych służących do odwzorowywania dowolnych systemów rzeczywistych.

Układ — myślowo wyodrębniony fragment rzeczywistości, rozważany jako transformator otrzymywanych bodźców w reakcje; obecnie zastępowany ogólniejszym pojęciem systemu. W cybernetyce Greniewskiego — układ względnie odosobniony stanowił pojęcie centralne.

Wejście — „droga" oddziaływania otoczenia na system.

Wyjście — „droga" oddziaływania systemu na otoczenie.

Wielki system — system, którego elementy rozpatrywane są jako systemy; najczęściej posiada strukturę hierarchiczną.

Zakłócenie — wszelkie niepożądane i destrukcyjne od-

działywanie na układ (system, proces), powodujące najczęściej zmianę jego stanu; mogą być zasileniowe (energo-materialne) lub informacyjne.

Zasilenia — oddziaływania o charakterze energetycznym i/lub materiałowym; polegają na ruchach dostatecznie dużych porcji energii lub masy.

Zadanie optymalizacji — zadanie matematyczne polegające na znalezieniu ekstremum (minimum lub maksimum) określonej funkcji kryterialnej (celu) przy określonych ograniczeniach; wiele problemów sterowania optymalnego sprowadza się do zadania optymalizacyjnego.

Życie — z punktu widzenia cybernetyki (wg A. Lapunowa) jest to wysoce stabilny stan materii, w którym przy wypracowywaniu reakcji zachowawczych następuje wykorzystanie informacji zakodowanej przez stany pojedynczych elementów (cząsteczek).

UWAGA: „Mini-słowniczek cybernetyczny" zawiera tylko wybrane, podstawowe hasła, będące jedynie fragmentem słownika cybernetyki. Niektóre z nich zostały rozwinięte w tekście. Tam także występują jeszcze inne, które nie znalazły się w słowniczku. Większość określeń poszczególnych haseł oparto na Małym Słowniczku Cybernetycznym, opracowanym pod redakcją Marii Kempisty w 1973 roku.

Ashby W.R., Wstęp do cybernetyki, PWN, Warszawa 1963.
Baborski A., Duda M., Forlicz S., Elementy cybernetyki ekonomicznej, PWE, Warszawa 1977.
Beer S., Cybernetyka a zarządzanie, PWN, Warszawa 1966.
Beer S., Brain of the Firm, London 1972.
Bertalanffy L., Ogólna teoria systemów, PWN, 1984.
Forrester J., Industrial Dynamics, MIT, 1961.
Gawroński R., Problemy bioniki w systemach wielkich, MON 1975.
Gościński J., Elementy cybernetyki w zarządzaniu, PWN, Warszawa 1968.
Gościński J., Zarys teorii sterowania ekonomicznego, PWN, 1977.
Greniewski H., Cybernetyka niematematyczna, PWN, Warszawa 1969.
Greniewski H., Sprawy wszystkie i jeszcze inne, KiW, Warszawa 1970.
Hołyński M., Maszyny jak ludzie, Iskry, Warszawa 1984.
Hołyński M., Sztuczna inteligencja, Wiedza Powszechna, 1979.
Jaroń J., Podstawy cybernetyki, Wrocław 1975.
Kazimierczak J., System cybernetyczny, WP, W-wa 1978.
Kazimierczak J., Teoria gier w cybernetyce, WP, W-wa 1973.
Kempisty M., Pamięć skojarzeniowa, PWN, 1970.
Klaus G., Cybernetyka i społeczeństwo, KiW, W-wa 1970.

Konieczny J., Cybernetyka walki, PWN, W-wa 1970.
Konieczny J., Inżynieria systemów działania, WNT, W-wa 1984.
Kossecki J., Cybernetyka społeczna, PWN, W-wa 1975.
Kowalczyk E., O istocie informacji, WKiŁ, W-wa 1981.
Krasowski A., Pospiełow G., Podstawy automatyki i cybernetyki, WNT, W-wa 1965.
Kulikowski R., Sterowanie w wielkich systemach, WNT, W-wa 1970.
Kyn O., Pelikan P., Cybernetyka a ekonomia, PWE, W-wa 1967.
Lange O., Wstęp do cybernetyki ekonomicznej, PWN, W-wa 1965.
Lange O., Całość i rozwój w świetle cybernetyki, PWN, W-wa 1962.
Latil P., Sztuczne myślenie. Wstęp do cybernetyki, W-wa 1973.
Mały słownik cybernetyczny, pod red. M. Kempisty, WP, W-wa 1973.
Martin J., Dialog człowieka z maszyną, WNT, W-wa 1976.
Martin J., Przyszłość telekomunikacji, PWN, W-wa 1975.
Mazur M., Cybernetyka i charakter, PIW, W-wa 1975.
Mazur M., Cybernetyczna teoria układów samodzielnych, WNT 1966.
Mazur M., Jakościowa teoria informacji, WNT, W-wa 1970.
Mesarovic M., Pestel E., Ludzkość w punkcie zwrotnym? PWE 1977.
Metody cybernetyczne w zarządzaniu, Ossolineum, W-wa 1979.
Mynarski S., Elementy teorii systemów i cybernetyki, PWN 1975.
Sienkiewicz P., Inżynieria systemów, MON, W-wa 1983.
Sienkiewicz P., Szczepaniak M., Więckowski W., Dowodzenie z komputerem. Realia i perspektywy. MON, W-wa 1984.
Simon H.A., Podejmowanie decyzji kierowniczych. Nowe nurty, PWE, W-wa 1982.

Staniszewski R., Cybernetyka systemów projektowania, W-wa 1981.
Węgrzyn S., Podstawy automatyki, PWN, W-wa 1972.
Węgrzyn S., Podstawy informatyki, PWN, 1982.
Wiener N., Cybernetyka a społeczeństwo, KiW, W-wa 1961.
Wiener N., Cybernetyka czyli sterowanie i komunikacja w zwierzęciu i maszynie, PWN, W-wa 1971.

Przedmowa 5
I. Geneza, czyli o narodzinach i twórcach cybernetyki 11
II. Podstawy, czyli o pojęciach i metodach cybernetyki 28
III. Całość to więcej niż suma części, czyli o systemach 46
IV. Informacje, czyli o jeszcze jednej bombie . . . 56
V. Dwoistość i Golemy, czyli o cybernetyce Henryka Greniewskiego 70
VI. Całość i rozwój, czyli o cybernetycznych pasjach Oskara Langego 83
VII. Charaktery, czyli o cybernetyce Mariana Mazura 91
VIII. Tajniki kierowania, czyli o cybernetyce społecznej i ekonomicznej 109
IX. Tajemnice organizmu, czyli o biocybernetyce . . 128
X. Tajemnice myślenia, czyli o sztucznej inteligencji 140
XI. Od regulatorów do robotów, czyli o cybernetyce technicznej 155
XII. Dialogi z maszyną, czyli o komputerach 167
XIII. Lepsze wrogiem dobrego, czyli o badaniach operacyjnych 186
XIV. Wróżby komputerowe, czyli o prognozowaniu . 205
XV. Napoleon z komputerem, czyli o cybernetyce wojskowej 218
XVI. Golem niepewny, czyli o złudzeniach determinizmu 228
Zamiast zakończenia 239
Słowniczek cybernetyczny 246
Literatura 255

Projekt okładki
TOMASZ SZULECKI

Rysunki
IWONA KALINOWSKA

Zdjęcia
Archiwum Autora, archiwum CAF (STANISŁAW DĄBROWIECKI, ANDRZEJ PIOTROWSKI, ZBIGNIEW STASZYSZYN), MAREK WOJCIECH DRUSZCZ

Redaktor
KRYSTYNA DAJBOROWA

Redaktor techniczny
DANUTA MARZEC

Korekta
Zespół

© Copyright by Krajowa Agencja Wydawnicza
Warszawa 1988

Norbert Wiener

Claude Shannon

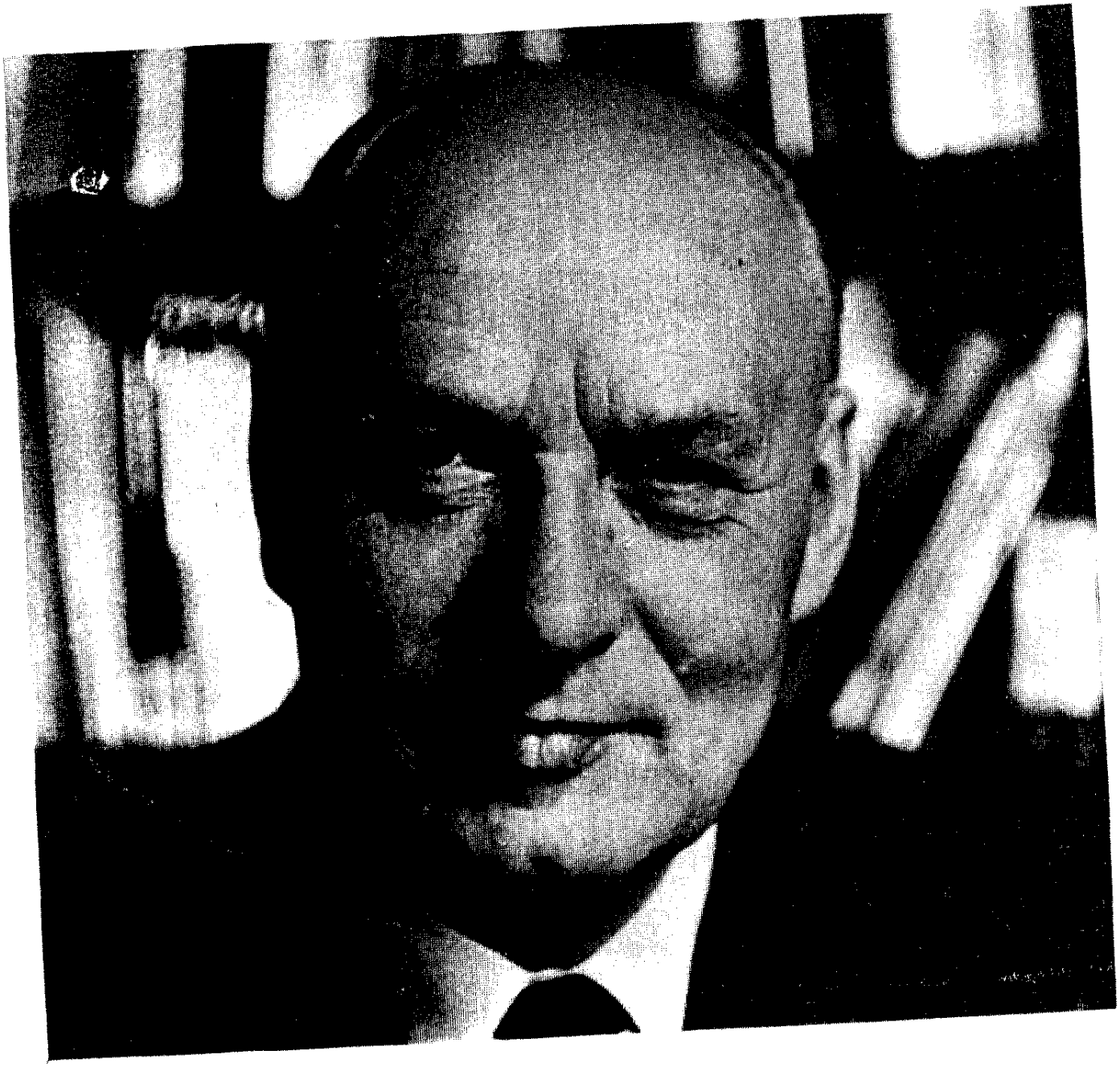
John von Neumann

Ross W. Ashby

Herbert A. Simon

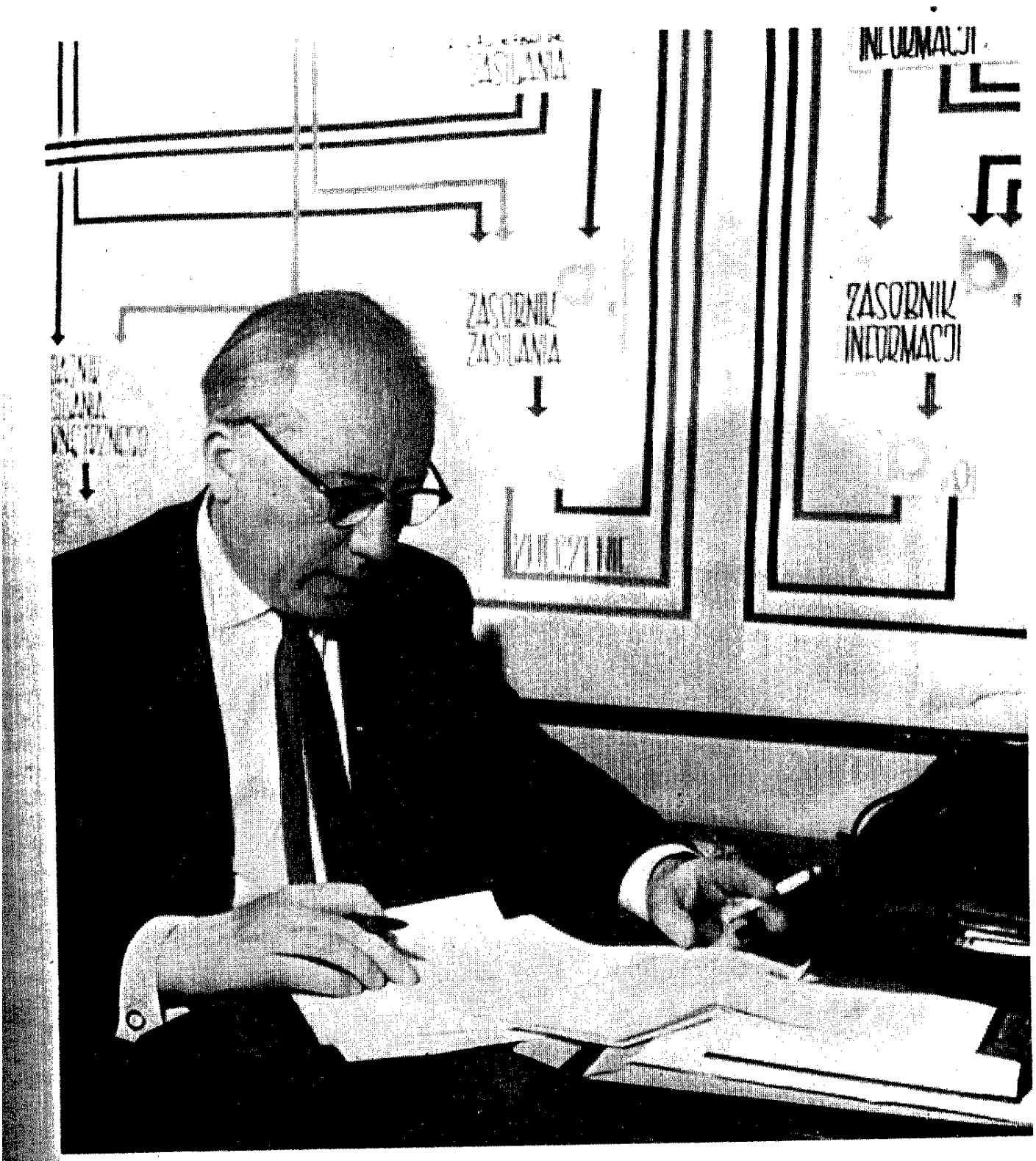
Oskar Lange

Wiktor M. Głuszkow

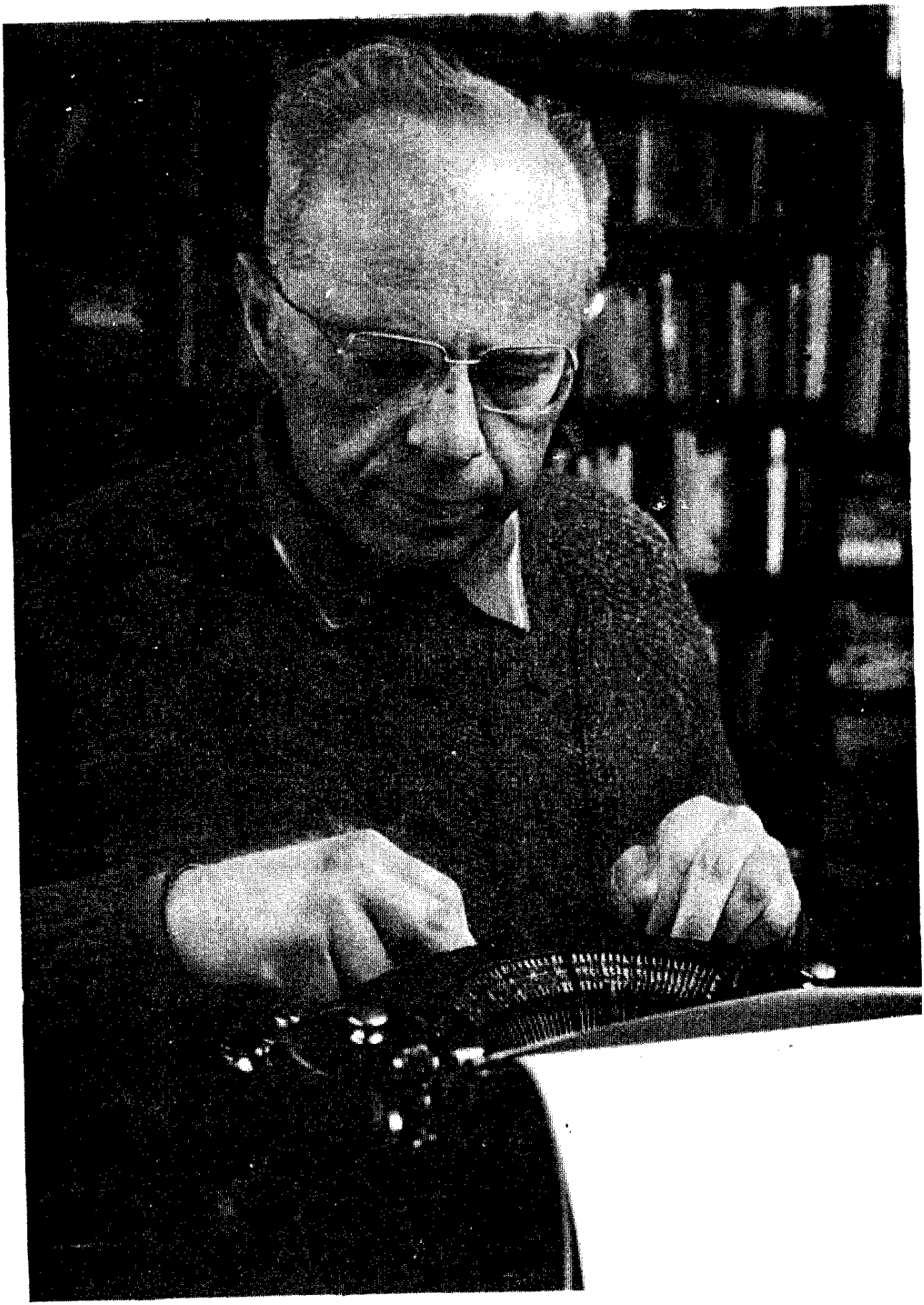


Marian Mazur

Henryk Greniewski



Uczestnicy I Warszawskiego Sympozjum Cybernetyki
w 1982 roku



Stanisław Lem

Gdańsk, wtorek 22 maja 1962 r. CENA 50 GR

Polskie Towarzystwo Cybernetyczne rozpoczęło działalność

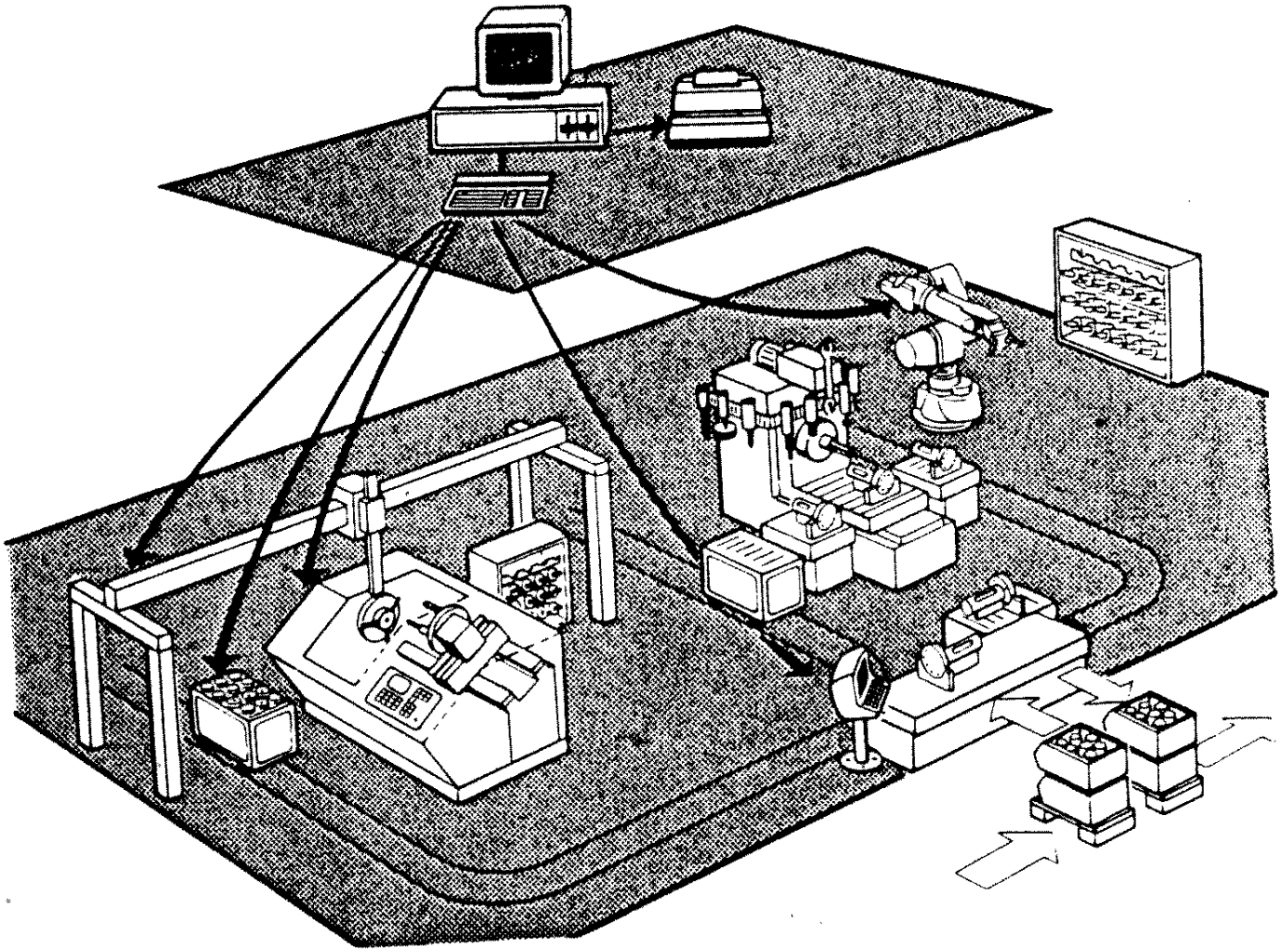
WARSZAWA PAP. Na Uniwersytecie Warszawskim odbyło się 21 bm. zebranie założycielskie Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego, któremu przewodniczył rektor UW prof. **Stanisław Turski.**

Dokonano wyboru zarządu nowego towarzystwa. W skład zarządu weszli m. in.: jako przewodniczący prof. **Oskar Lange**, wiceprzewodniczący — prof. **Dionizy Smoleński**, sekretarz — prof. **Henryk Greniewski.**

Cybernetyka jest nową dziedziną nauki interesującą ludzi najróżniejszych specjalności: inżynierów elektroników i automatyków, fizyków, biologów, psychologów, językoznawców i ekonomistów. Jako nauka o transformowaniu informacji i sterowaniu stanowi nowy bardzo ważny instrument działania, w który wprzęgnięte są maszyny matematyczne.

Jak podkreślono na zebraniu założycielskim, towarzystwo zajmować się będzie krzewieniem cybernetyki oraz jej popularyzacją przez organizowanie zebrań naukowych, odczytów, wykładów, seminariów itp. Nawiąże ono ścisły kontakt z różnymi uczelniami, a także zamierza współpracować z ośrodkami cybernetycznymi za granicą.

Komunikat o założeniu Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego



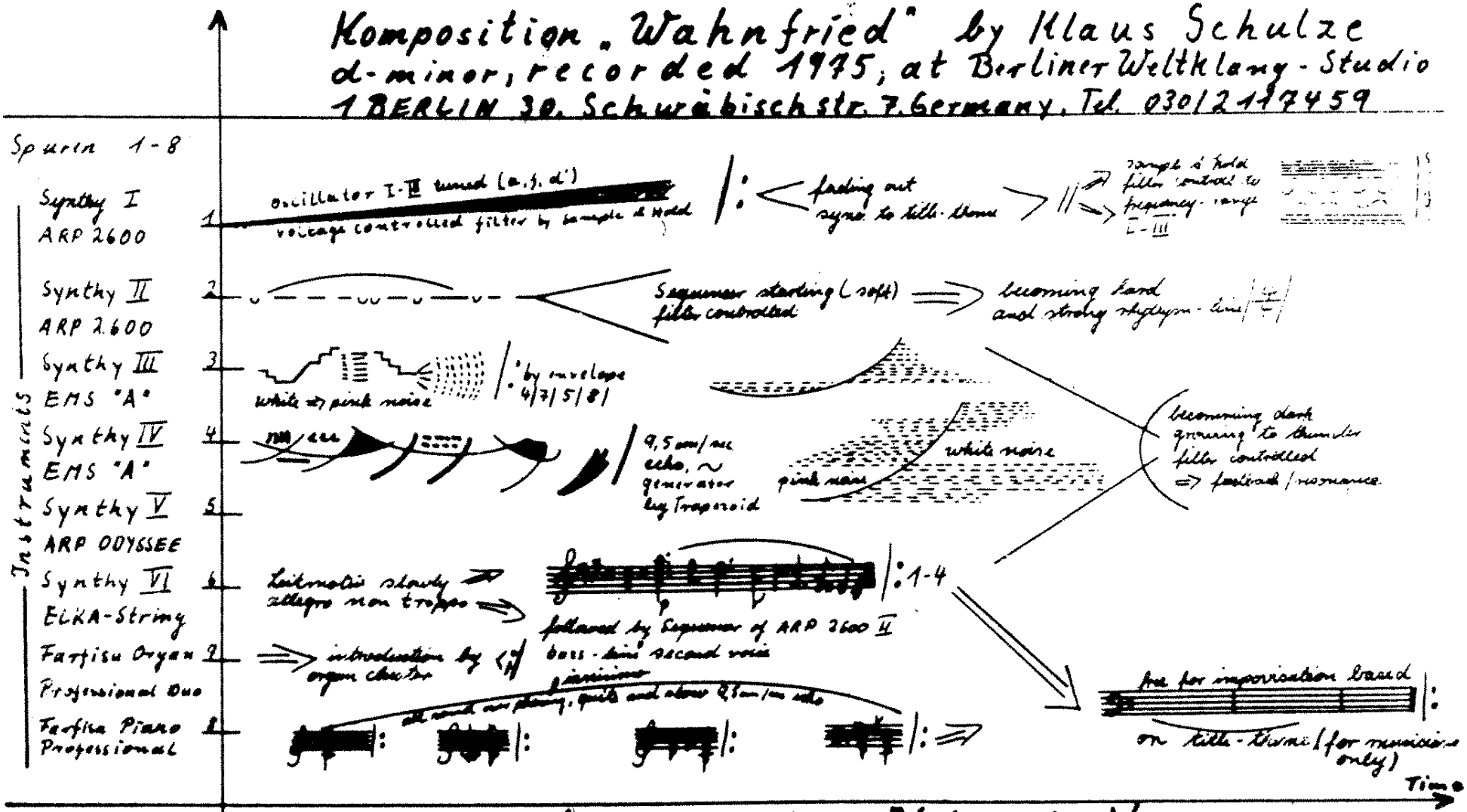
Schemat skomputeryzowanej fabryki

Kadr z niemieckiego filmu „Golem" z 1920 roku

Komposition „Wahnfried" by Klaus Schulze

d-minor, recorded 1975, at Berliner Welt Klang - Studio

1 BERLIN 30, Schwäbischestr. 7, Germany, Tel. 030/211 7459



This LP is dedicated to Richard Wagner

LP: TIMEWIND Side I : Bayreuth Return

Side II : Wahnfried 1883

Cover by Urs Amman

Contact: Klaus Schulze 1 Berlin 30, Schwäbische str. 7, Germany

Tel. 030/211 74 55 or 030/342 35 52

Komputerowa wspólnota rodzinna