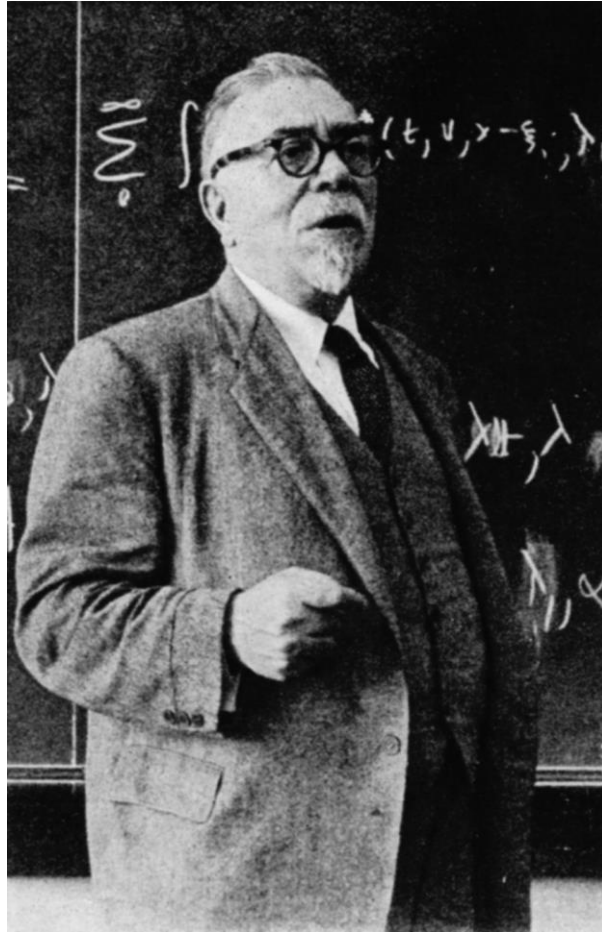




*Norbert Wiener*

**CYBERNETYKA  
I SPOŁECZEŃSTWO**



*Dr Norbert Wiener*  
*Profesor matematyki Massachusetts Institute of Technology*

# Cybernetyka i społeczeństwo

Norbert Wiener

## Spis treści

Przedmowa pojęcie świata wielu możliwości .....	3
Rozdział I Dzieje cybernetyki .....	6
Rozdział II Postęp a entropia .....	12
Rozdział III Niezmiennność i uczenie się: dwa wzory postępowania związanego z komunikowaniem się .....	22
Rozdział IV Mechanizm i historia języka .....	34
Rozdział V Organizacja jako wiadomość.....	44
Rozdział VI Prawo i komunikacja .....	49
Rozdział VII Porozumiewanie się, tajność i polityka społeczna .....	52
Rozdział VIII Rola intelektualistów i uczonych.....	61
Rozdział IX Pierwsza i druga rewolucja przemysłowa .....	63
Rozdział X Niektóre maszyny do porozumiewania się i ich przyszłość.....	76
Rozdział XI Język, zamęt i zagłuszenie .....	88
Posłowie O filozoficznych i społecznych poglądach Norberta Wienera.....	91

## Przedmowa

### pojęcie świata wielu możliwości

Początek dwudziestego wieku oznaczał coś więcej niż koniec jednego stulecia i początek drugiego. Nastąpiła bowiem istotna zmiana poglądów, zanim jeszcze w życiu politycznym przeszliśmy od stulecia pokoju do pięćdziesięciolecia wojen, które dopiero przeżyliśmy. Zmiana ta stała się najpierw widoczna w nauce. Jest rzeczą całkowicie możliwą, że te same przyczyny, które oddziaływały na naukę, doprowadziły również do wyraźnego przełomu pomiędzy literaturą i sztuką dziewiętnastego a dwudziestego wieku.

Fizyka Newtona, panująca prawie niepodzielnie od końca siedemnastego do końca dziewiętnastego wieku, opisywała świat, w którym wszystko dzieje się według ustalonego prawa, świat zwarty i dokładnie zorganizowany, w którym cała przyszłość wynika ściśle z całej przeszłości. Takiego obrazu

nie można nigdy ani w pełni potwierdzić, ani na podstawie doświadczalnej w pełni odrzucić. W znacznej mierze jest to pojęcie świata, które uzupełnia doświadczenie, ale zarazem jest w pewien sposób bardziej uniwersalne od tego wszystkiego, co da się eksperymentalnie potwierdzić. Przy pomocy naszych niedoskonałych doświadczeń nie możemy nigdy sprawdzić, czy taki lub inny zbiór praw fizycznych potwierdza się całkowicie. Lecz newtonowska koncepcja musiała formułować zjawiska fizyczne tak, jak gdyby podlegały one takim prawom. Pogląd ten przestał już panować w fizyce, a ludźmi, którzy najwięcej przyczynili się do jego upadku, byli Boltzmann w Niemczech i Gibbs w Stanach Zjednoczonych.

Ci dwaj fizycy w sposób radykalny zastosowali nową, pobudzającą koncepcję. Wykorzystanie statystyki w fizyce nie było może czymś zupełnie nowym, ponieważ już Maxwell i inni rozważali światy złożone z wielkiej liczby cząsteczek, które z konieczności trzeba było traktować w sposób statystyczny. Ale dziełem Boltzmana i Gibbsa było zastosowanie statystyki w fizyce w sposób dużo głębszy, tak że podejście statystyczne zaczęło obowiązywać nie tylko w układach niezmiernie złożonych, lecz nawet w układach tak prostych, jak pojedyncza cząsteczka w polu siły.

Statystyka jest nauką o rozkładzie, a rozkład brany pod uwagę przez tych współczesnych fizyków nie dotyczył wielkich liczb podobnych cząsteczek, lecz różnych położeń i prędkości, jako początkowych wartości układu fizycznego. Innymi słowy, w systemie Newtona te same prawa fizyczne mają zastosowanie do wielu układów o różnych położeniach początkowych i różnych pędach. Obecnie statystycy rzucili na ten problem nowe światło. Zachowali zasadę odróżniania układów na podstawie ich całkowitej energii, lecz odrzucili założenie, na mocy którego układy o tej samej całkowitej energii można zawsze odróżnić w sposób jednoznaczny i opisywać za pomocą ustalonych praw aż do ostatecznego wyczerpania przyczyn.

W pracy Newtona tkwiło pewne ważne milczące zastrzeżenie, które osiemnaste stulecie, zapatrzone w Newtona, zignorowało. Żadne pomiary fizyczne nie są nigdy ściśle. To, co możemy powiedzieć o jakiejś maszynie lub innym układzie dynamicznym, w rzeczywistości odnosi się nie do tego, czego mamy oczekiwać, gdy początkowe położenia i pędy zostaną nam dane z absolutną dokładnością, ponieważ to się nigdy nie zdarza. Odnosi się natomiast do tego, czego mamy oczekiwać, gdy zostaną nam dane z taką dokładnością, jaką można uzyskać. Oznacza to po prostu, że nie znamy wprawdzie ściśle warunków początkowych, ale wiemy coś o ich rozkładzie. Innymi słowy, funkcjonalny aspekt fizyki musi uwzględniać niepewność i możliwość przypadkowości. Zastugą Gibbsa było ukazanie po raz pierwszy jasnej metody naukowej, która brała tę możliwość pod uwagę.

Historyk nauki na próżno szuka jednej linii rozwoju. Praca Gibbsa, dobrze skrojona, była źle uszyta, toteż innym przypadło w udziale dokończenie tego, co rozpoczął. Oparł on swą pracę na następującym intuicyjnym założeniu. Układ fizyczny należy do pewnej klasy układów scharakteryzowanych rozkładem statystycznym. Układ ten we wszystkich niemal przypadkach odtwarza rozkład istniejący w danym momencie w obrębie całej klasy układów. Innymi słowy, jeśli dany układ istnieje dostatecznie długo, to w pewnych okolicznościach przechodzi przez wszystkie rozkłady położenia i pędu, które są możliwe przy posiadanej przezeń energii.

Ostatnie zdanie jest jednak prawdziwe i możliwe tylko w odniesieniu do układów bardzo prostych. Mimo wszystko, inna droga prowadzi do wyników, których Gibbs potrzebował na poparcie swej hipotezy. Ironią dziejów jest, że drogę tę badano bardzo dokładnie w Paryżu w tym samym czasie, kiedy Gibbs pracował w New Haven. Dopiero w r. 1920 praca wykonana w Paryżu spotkała się z pracą wykonaną w New Haven i wydała owoce. Miałem, jak sądzę, zaszczyt pomagania przy porodzie pierwszego dziecka z tego związku.

Gibbs musiał pracować posługując się teoriami pomiaru i prawdopodobieństwa, które już wtedy liczyły sobie co najmniej dwadzieścia pięć lat i były rażąco niewystarczające dla jego potrzeb. W tym samym jednak czasie w Paryżu Borel i Lebesgue opracowywali teorię całkowania, która miała się okazać przydatna do celów Gibbsa. Borel był matematykiem, który już zapewnił sobie reputację w dziedzinie teorii prawdopodobieństwa i znakomicie wyczuwał problemy fizyki. Wiele z działań w teorii pomiaru, lecz nie doszedł do punktu, w którym mógłby swoją pracę zamknąć w formie doprowadzonej do końca teorii. Dokonał tego jego uczeń Lebesgue, który był człowiekiem zupełnie innego pokroju. Nie miał zrozumienia dla fizyki i nie interesował się nią. Rozwiązał jednak problem sformułowany przez Borela, chociaż rozwiązanie to traktował jedynie jako narzędzie w pracy nad szeregiem Fouriera i innymi działami czystej matematyki. Doszło między nimi do sporu, gdy zaczęli się ubiegać o przyjęcie do Francuskiej Akademii Nauk. Wreszcie po uprzednim wzajemnym oczernieniu się obaj dostąpili tego zaszczytu. Borel nie przestawał podkreślać wagi pracy Lebesgue'a i swojej własnej jako narzędzia w badaniach fizycznych. Sądzę jednak, że ja sam, w r. 1920, byłem pierwszym, który zastosował całą Lebesgue'a do problemu specyficznie fizycznego, a mianowicie do ruchów Browna.

Nastąpiło to w wiele lat po śmierci Gibbsa, i jego praca przez dwadzieścia lat pozostała jedną z tych tajemnic nauki, które wbrew oczekiwaniom wydają owoce, chociaż wydawałoby się, że nie powinny dawać żadnych. Wiele ludzi intuicją wyprzedza własną epokę: dotyczy to również fizyki teoretycznej. Gibbs pojęcie prawdopodobieństwa wprowadził do fizyki, zanim jeszcze powstała właściwa teoria prawdopodobieństwa, której potrzebował. Ale mimo wszystko, jestem przekonany, że to Gibbsowi raczej niż Einsteinowi, Heisenbergowi czy Planckowi musimy przypisać dokonanie pierwszego wielkiego przewrotu w fizyce dwudziestego wieku.

Na skutek tego przełomu fizyka przestała rościć sobie pretensje do zajmowania się tym, co się na pewno zdarzy, a zajmuje się tym, co się zdarzy z ogromnym prawdopodobieństwem. Na początku, w pracy Gibbsa, ta postawa nakładała się na substrat newtonowski, gdzie elementami, których prawdopodobieństwo stanowiło przedmiot badania, były układy stosujące się do wszystkich praw fizyki Newtona. Teoria Gibbsa była w zasadzie nowa, lecz permutacje, z jakimi dawała się pogodzić, były takie same jak te, które rozpatrywał Newton. Od tego czasu sztywny substrat newtonowski w fizyce został odrzucony lub zmodyfikowany, i gibbsowska zasada możliwości tkwi obecnie u podstaw fizyki bez żadnych ornamentów. Zapewne, ostatnie słowo w tej sprawie nie zostało jeszcze powiedziane. Einstein, w pewnych okresach i De Broglie nie przestawali twierdzić, że sztywny deterministyczny świat jest bardziej do przyjęcia niż świat oparty o zasadę prawdopodobieństwa. Lecz ci wielcy uczeni tylko osłaniają odwrót przed przeważającymi siłami młodego pokolenia.

Jedną z ciekawych zmian polega na tym, że w koncepcji probabilistycznej przestaliśmy się zajmować wielkościami i twierdzeniami dotyczącymi jakiegoś jednego określonego, rzeczywistego świata, zadajemy natomiast pytania, na które odpowiedź można znaleźć w dużej ilości podobnych światów. W ten sposób przypadek został uznany nie tylko za matematyczne narzędzie fizyki, lecz za istotny element konstrukcji, na której się ta dyscyplina opiera.

To uznanie elementu niecałkowitego determinizmu, niemal elementu irracjonalności w świecie, w jakimś sensie przypomina przyjęcie przez Freuda czynnika irracjonalnego, głęboko tkwiącego w ludzkim postępowaniu i w ludzkich myślach. W obecnym zamęcie politycznym i intelektualnym panuje naturalna skłonność do uważania Gibbsa, Freuda i zwolenników nowoczesnej teorii prawdopodobieństwa za przedstawicieli tego samego kierunku. Nie zamierzam tego akcentować. Rozpiętość pomiędzy sposobem myślenia Gibbsa i Lebesgue'a a intuicyjną lecz dość dyskursywną metodą Freuda jest zbyt wielka. Pomimo to, w uznawaniu przypadku jako podstawowego elementu w strukturze świata, ludzie ci stoją blisko siebie i blisko tradycji św. Augustyna. Bowiem ten element

przypadku losu, ta organiczna niedoskonałość jest czymś, co bez zbyt daleko posuniętej przenośni można uważać za zło - bardziej za negatywne zło, które św. Augustyn nazywa niedoskonałością - niż za pozytywne, umyślne zło manichejczyków.

Niniejsza książka poświęcona jest wpływowi gibbsowskiego poglądu na życie współczesne, zarówno istotnym zmianom zachodzącym w nauce, jak i pośrednim, występującym w naszej postawie wobec życia w ogóle. Dlatego też dalsze rozdziały zawierać będą i elementy dyskusji fachowej, i momenty filozoficzne związane z tym, jak działamy i jak powinniśmy reagować na nowy świat, wobec którego znaleźliśmy się.

Powtarzam: innowacją Gibbsa było wzięcie pod uwagę nie jednego świata, lecz wszystkich światów, które są możliwymi odpowiedziami na ograniczony zbiór pytań dotyczących naszego otoczenia. Jego centralna koncepcja dotyczyła granic, w jakich odpowiedzi, których możemy udzielić na pytania o jednym zbiorze światów, są prawdopodobne w zastosowaniu do większego zbioru światów. Ponadto Gibbs lansował teorię, że prawdopodobieństwo to wzrasta, gdy świat się starzeje. Miarę tego prawdopodobieństwa nazywa się entropią, a tendencją charakterystyczną entropii jest wzrastanie.

W miarę jak entropia się zwiększa, świat i wszystkie zamknięte układy w obrębie świata wykazują naturalną skłonność do utraty swych cech odrębnych, do przechodzenia od stanu najmniej prawdopodobnego do najbardziej prawdopodobnego, od stanu organizacji i zróżnicowania, w którym istnieją różnice i formy, do stanu chaosu i jednakowości. 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<sup>1</sup>.

## Rozdział I

### Dzieje cybernetyki

Od zakończenia Drugiej Wojny Światowej zajmowałem się wieloma dziedzinami związanymi z teorią informacji. Obok elektrotechnicznej teorii przekazywania informacji istnieje szersza sfera, obejmująca nie tylko badania językoznawcze, lecz także badania przekazywanych informacji jako sposobów sprawowania kontroli nad maszynami i nad społeczeństwem, rozwój maszyn liczących i podobnych urządzeń, pewne koncepcje dotyczące psychologii i systemu nerwowego oraz próby sformułowania nowej teorii metody naukowej. Ta szersza teoria informacji jest teorią probabilistyczną i stanowi nierozłączną część kierunku wywodzącego się od Willarda Gibbsa, a opisanego przeze mnie na wstępie.

Do niedawna nie było słowa na określenie tego zespołu pojęć, i w celu objęcia całej dziedziny jednym terminem byłem zmuszony go wymyślić. Stąd też wzięła się „cybernetyka”, którą wywiodłem

---

<sup>1</sup> Niektórzy powątpiewają w ścisłą tożsamość entropii i dezorganizacji biologicznej. Prędzej czy później będę musiał wdać się w ocenę tej krytyki, lecz na razie przyjmuję, że różnice leżą nie w podstawowej naturze tych stanów, lecz w układach, w jakich są obserwowane. Trudno oczekiwać ostatecznej, wyraźnej definicji entropii, takiej, na którą wszyscy by się zgodzili, w czymś, co nie jest układem zamkniętym i odosobnionym.

z greckiego słowa *kubernetes*, „sternik”, tego samego słowa, od którego pochodzi nasz wyraz „gubernator”. Później okazało się, że termin ten był używany przez Ampère’a w odniesieniu do nauk politycznych oraz był wprowadzony w innym kontekście przez uczonego polskiego<sup>2</sup>; oba te wcześniejsze użycia datują się z pierwszej połowy dziewiętnastego wieku.

W roku 1948 ukazała się moja dość fachowa książka pod tytułem *Cybernetics*. W odpowiedzi na życzenia, bym udostępnił jej idee również niespecjalistom, w roku 1950 ogłosiłem pierwsze wydanie *The human use of human beings*. Od tego czasu temat badań, z kilku koncepcji wspólnych dr Claude Shannonowi, dr Warrenowi Weaverowi i mnie, rozrósł się do uznanej i sprecyzowanej dziedziny badań. Dlatego też sposobność, jaką mi daje nowe wydanie tej książki, wykorzystuję do usunięcia z pierwotnej wersji pewnych braków i niekonsekwencji.

Podając definicję cybernetyki w pierwszej wersji, zaklasyfikowałem razem porozumiewanie się i kontrolę. Dlaczego to uczyniłem? Kiedy się komunikuję z inną osobą, przekazuję jej pewną informację, a kiedy ona z kolei komunikuje się ze mną, przekazuje mi z powrotem informację związaną z moją i zawierającą wiadomość pierwotnie dostępną jej, lecz nie mnie. Kiedy kieruję postępowaniem innej osoby, przekazuję jej pewną informację, która wyrażona jest wprawdzie w trybie rozkazującym, ale technika jej przekazywania nie różni się od przekazywania informacji o faktach. Ponadto, jeżeli kierowanie to ma być skuteczne, muszę od tej osoby przyjmować do wiadomości wszelkie informacje mogące wskazywać, że rozkaz został zrozumiany i wykonany.

Spółeczeństwo można zrozumieć jedynie poprzez studiowanie informacji oraz związanych z nimi sposobów porozumiewania się. Przyszły rozwój informacji i sposobów porozumiewania się pomiędzy człowiekiem a mechanizmem, mechanizmem a człowiekiem, pomiędzy maszyną a maszyną - będzie odgrywał coraz większą rolę. Jest to teza niniejszej książki.

Gdy wydaję rozkaz maszynie, sytuacja nie różni się w sposób istotny od tej, kiedy wydaję rozkaz człowiekowi. Innymi słowy, jeżeli chodzi o moją świadomość, zdaję sobie sprawę z tego, że rozkaz został wysłany i że sygnał o jego wykonaniu powrócił do mnie. Fakt, że sygnał został w fazie pośredniej przekazany przez maszynę, a nie przez osobę, jest dla mnie nieistotny i nie zmienia zbytnio mojego stosunku do sygnału. Tak więc teoria kierowania w technice, czy to w odniesieniu do człowieka, zwierzęcia, czy mechanizmu, jest rozdziałem teorii informacji.

Oczywiście pomiędzy organizmami żywymi a maszyną, a także w obrębie węższej klasy przedmiotów istnieją różnice dotyczące szczegółów w problematyce informacji oraz kierowania. Zadaniem cybernetyki jest rozwinięcie techniki i języka, które by umożliwiło zaatakowanie problemu kierowania i porozumiewania się w ogóle, a również znalezienie odpowiedniego zasobu pojęć i technik, umożliwiających klasyfikowanie według określonych zasad wszelkich ich przejawów.

Rozkazy, za pomocą których sprawujemy kontrolę nad naszym środowiskiem, są pewnego rodzaju informacjami udzielanymi temu środowisku. Jak wszelki rodzaj informacji, rozkazy te podlegają dezorganizacji w czasie ich przekazywania. Dochodzą one do celu zwykle w postaci mniej składowej, niż były wysłane. Przy kierowaniu i komunikowaniu się musimy stale zwalczać wykazaną przez Gibbsa skłonność entropii do zwiększania się, czyli - skłonność natury do psucia tego, co zorganizowane, i do niszczenia tego, co posiada jakiś sens.

Znaczna część tej książki dotyczy zakresu komunikacji pomiędzy jednostkami i wewnątrz nich. Człowiek przebywa w świecie, który postrzega przez swe narządy zmysłów. Otrzymywane informacje są podporządkowane przez jego mózg i system nerwowy aż do momentu, kiedy po odpowiednim

---

<sup>2</sup> A. Cieszkowski (1814-1894). - (Przyp. red.)



procesie magazynowania, porównywania i selekcji zaczynają się przejawiać za pośrednictwem efektorów, najczęściej mięśni. Efektory z kolei oddziałują na świat zewnętrzny, a także i na centralny układ nerwowy poprzez takie receptory, jak zakończenia narządów kinestetycznych. A informacje otrzymane przez narządy kinestetyczne dołączone są do już nagromadzonego zapasu informacji, aby wywierać wpływ na dalsze działanie.

Informacja jest nazwą treści zaczerpniętej ze świata zewnętrznego, w miarę jak się do niego dostosowujemy i jak przystosowujemy doń swoje zmysły. Proces otrzymywania i wykorzystywania informacji jest procesem naszego dostosowywania się do różnych ewentualności środowiska zewnętrznego oraz naszego czynnego życia w tym środowisku. Potrzeby i złożony charakter życia współczesnego stawiają przed procesem informacji większe wymagania niż kiedykolwiek przedtem, i nasza prasa, nasze muzea, nasze pracownie naukowe, nasze uniwersytety, nasze biblioteki i podręczniki muszą zaspokoić potrzeby tego procesu lub zawieść w swej roli. Żyć czynnie, osiągnąć cele życiowe - to znaczy żyć posiadając odpowiednie informacje. Dlatego też porozumiewanie się i kierowanie należą do istoty wewnętrznego życia człowieka, podobnie jak należą do istoty jego życia w społeczeństwie.

Badania nad porozumiewaniem się nie są w dziejach nauki ani czymś banalnym, ani przypadkowym, ani nowym. Już przed Newtonem problemy te były często poruszane w fizyce, zwłaszcza w pracach Fermata, Huygensa i Leibniza; każdy z nich interesował się fizyką, której punktem centralnym była nie mechanika, lecz optyka - przekazywanie obrazów wzrokowych.

Fermat posunął naprzód badania w optyce dzięki zasadzie głoszącej, że promień świetlny, przy pokonywaniu przez siebie każdej, dowolnej przestrzeni, obiera drogę, która wymaga najmniej czasu do przejścia. Huygens sformułował w elementarnej formie to, co znamy dziś jako „zasadę Huygensa”. Stwierdzając mianowicie, że światło rozchodzi się ze swego źródła w taki sposób, iż tworzy wokół niego coś w rodzaju małej kuli składającej się z wtórnych źródeł, które z kolei rozsiewają światło tak, jak to czyni źródło pierwotne. W tym czasie Leibniz widział cały świat jako zespół indywiduów - monad, współistniejących i percepujących na zasadzie harmonii z góry ustanowionej przez Boga. Jest przy tym rzeczą jasną, że kontakt monad interpretował przede wszystkim za pomocą kategorii optycznych. Jeśli pominąć to wzajemne postrzeganie, monady nie posiadały żadnych „okien”, tak że według Leibniza wszelkie oddziaływanie mechaniczne było niczym innym, jak tylko nieuchwytną konsekwencją oddziaływania optycznego.

Skoncentrowanie uwagi na informacji i optyce, widoczne w tej części filozofii Leibniza, przewija się przez wszystkie jego koncepcje. Odgrywa również dużą rolę w dwóch spośród jego najbardziej oryginalnych pomysłów: *Characteristica Universalis*, to jest uniwersalnym języku naukowym, oraz w *Calculus Ratiocinator*, czyli w rachunku logicznym. Przy całej swej niedoskonałości ów *Calculus Ratiocinator* był bezpośrednim poprzednikiem współczesnej logiki matematycznej.

Leibniz, pozostający pod wrażeniem pojęć z zakresu porozumiewania się, jest w wieloraki sposób intelektualnym przodkiem pojęć wyrażonych w tej książce, gdyż interesował się on również maszynami liczącymi i automatami. Moje poglądy głoszone w niniejszej książce daleko odbiegają od poglądów Leibniza, lecz problemy, którymi się zajmuję, są na pewno leibnizowskie. Liczące maszyny Leibniza były tylko ubocznym produktem jego zainteresowania dla rachunku logicznego i zmatematyzowanego języka, w ramach ogólnej koncepcji uniwersalnego języka sztucznego. Tak więc zainteresowanie Leibniza maszynami liczącymi dotyczyło głównie problemów języka i porozumiewania się.

W połowie ubiegłego stulecia prace Clerka Maxwella i jego prekursora, Faradaya, ponownie zwróciły uwagę fizyków na optykę, naukę o świetle. Światło uważano teraz za postać elektryczności dającą się



sprowadzić do mechaniki intrygującej, niewidocznej, lecz sztywnej substancji zwanej eterem. Eter, jak wówczas sądzono, przenika atmosferę, przestrzeń międzygwiazdną i wszystkie ciała przezroczyste. Praca Clerka Maxwella w dziedzinie optyki polegała na matematycznym rozwinięciu koncepcji, którą przedtem Faraday wyraził w ścisłej, lecz nie zmatematyzowanej formie. Badanie eteru doprowadziło do postawienia pewnych pytań, na które odpowiedź była niejasna, jak na przykład sprawa poruszania się materii w eterze. Słynny eksperyment Michelsona i Morleya w latach dziewięćdziesiątych został podjęty w celu rozwiązania tego problemu i dał całkowicie nieoczekiwaną odpowiedź, że po prostu nie ma sposobu określenia ruchu materii w eterze.

Pierwsze zadowalające rozwiązanie problemów, jakie powstały w wyniku tego doświadczenia, pochodzi od Lorentza; wykazał on, że jeżeli siłom wiążącym materię przypisywać charakter zjawisk elektrycznych lub optycznych, to należy oczekiwać, że wynik eksperymentu Michelsona i Marleya będzie negatywny. W roku 1905 Einstein nadał koncepcjom Lorentza inną formę, w której niemożliwość obserwowania bezwzględnego ruchu była raczej postulatem fizyki niż konsekwencją takiej czy innej struktury materii. Dla naszych celów ważne jest to, że w pracy Einsteina światło i materia są traktowane na równi, podobnie jak przed Newtonem, bez newtonowskiego podporządkowania wszystkiego materii korpuskularnej i mechanice.

Przy wyjaśnieniu swych poglądów Einstein często posługuje się przykładem obserwatora, który znajduje się w ruchu lub pozostaje w spoczynku. W jego teorii względności jest rzeczą niemożliwą wprowadzenie obserwatora bez jednoczesnego wprowadzenia pojęcia informacji i bez powrotu do quasileibnizowskiego stanu fizyki, w którym przeważa tendencja do optycznej interpretacji zjawisk. Ostry kontrast pomiędzy teorią względności Einsteina a statystyczną mechaniką Gibbsa polega na tym, że Einstein, podobnie jak Newton, wciąż jeszcze posługuje się kategoriami absolutnie ścisłej dynamiki, bez wprowadzania pojęcia prawdopodobieństwa. Praca Gibbsa natomiast jest probabilistyczna od samego początku. Mimo to oba kierunki reprezentują zmianę punktu widzenia w fizyce: świat rzeczywiście istniejący zostaje zastąpiony - w takim czy innym sensie - przez świat zaobserwowany, a dawny naiwny realizm w fizyce ustępuje miejsca czemuś, do czego biskup Berkeley mógłby się uśmiechnąć z sympatią.

W tym punkcie warto rozpatrzyć pewne pojęcia związane z entropią, już wymienione we wstępie. Jak powiedzieliśmy, koncepcja entropii obejmuje kilka najważniejszych idei odróżniających mechanikę Gibbsa od mechaniki Newtona. W koncepcji Gibbsa wielkość fizyczna nie odnosi się do świata zewnętrznego jako takiego, lecz do pewnego zbioru światów zewnętrznych, a zatem do sfery odpowiedzi na pewne określone pytania, jakie możemy zadać na temat świata zewnętrznego. Fizyka staje się więc nie analizą zewnętrznego świata, którą możemy potraktować jako łączną odpowiedź na wszystkie pytania na jego temat, lecz analizą odpowiedzi na pytania o dużo bardziej ograniczonym zakresie. Zamiast zajmować się badaniem wszystkich możliwych wychodzących i przychodzących sygnałów, ograniczamy się tylko do teorii pewnych sygnałów szczególnych. Nie wymaga to już pomiaru nieskończonej ilości informacji, jakich dostarczają sygnały.

Sygnały same przez się są uporządkowane i zorganizowane. Można w ogóle traktować zbiory sygnałów jako posiadające własną entropię, podobnie jak zbiory stanów świata zewnętrznego. Tak jak entropia jest miarą dezorganizacji, tak informacja przekazywana przez zbiór sygnałów jest miarą organizacji. Informację przekazywaną przez sygnał można interpretować jako jego entropię ze znakiem ujemnym i jako ujemny logarytm jego prawdopodobieństwa. Im bardziej prawdopodobny jest dany sygnał, tym mniej informacji zawiera. Frazesy na przykład mówią nam mniej niż wielkie poematy.

Wspomniałem już o zainteresowaniu Leibniza automatami. Zainteresowania te podzielał zresztą współczesny mu Pascal, który w sposób istotny przyczynił się do powstania dzisiejszych arytmetrów. W zgodności czasu wskazywanego przez zegary nastawione na ten sam czas Leibniz widział wzór z góry ustalonej harmonii swych monad, gdyż technika automatów jego epoki była techniką zegarmistrzowską. Weźmy pod uwagę zachowanie się figurek tańczących na pozytywce. Poruszają się one według pewnego z góry określonego schematu. Jednocześnie poprzednie ruchy figurek nie mają tu właściwie żadnego związku z ich przyszłymi ruchami. Prawdopodobieństwo odchylenia od tego schematu jest żadne. Mamy wprowadzić do czynienia z sygnałem, ale przechodzi on od maszynerii pozytywki do figurek i tam się kończy. Figurki nie mają żadnego kontaktu ze światem zewnętrznym z wyjątkiem tego jednokierunkowego stadium komunikowania się ze z góry ustalonym mechanizmem. Są one ślepe, głuche i nieme, i nawet w najmniejszym stopniu nie mogą odstąpić od ustalonej sekwencji swych ruchów.

Porównajmy je z zachowaniem się człowieka lub choćby średnio inteligentnego zwierzęcia, takiego jak kot. Gdy wołam kota, podnosi on głowę. Poślałem mu sygnał, który został przyjęty przez jego narządy zmysłów i odnotowany w postaci odpowiedniego zachowania się zwierzęcia. Gdy kot jest głodny, miauczy żałośnie. Tym razem występuje w roli nadawcy sygnału. Kot bawi się kłębkami zawieszonym na nitce. Kłębek odchyła się w lewo i kot chwyta go lewą łapą. Tym razem w obrębie systemu nerwowego naszego kota zostały wysłane i przyjęte przez zakończenia nerwów w jego stawach, mięśniach i ścięgnach sygnały o bardzo skomplikowanym charakterze. Dzięki sygnałom nerwowym wysyłanym przez te narządy zwierzę zdaje sobie sprawę z aktualnego położenia i napięcia swoich tkanek. Tylko dzięki takim procesom możliwa jest biegłość człowieka w pracy ręcznej.

Przeciwstawiłem z góry określone zachowanie się figurek pozytywki dostosowanemu do sytuacji zachowaniu się istot ludzkich i zwierząt. Nie należy jednak przypuszczać, że pozytywka jest typowym przykładem zachowania się wszelkich maszyn.

Dawne maszyny - dotyczy to zwłaszcza dawnych prób budowania automatów - istotnie działały na zasadzie zamkniętego mechanizmu zegarowego. Ale współczesne maszyny automatyczne, takie jak pociski sterowane, zapalnik radiowy, automatyczne urządzenia do otwierania drzwi, urządzenia kontrolne w fabrykach chemicznych i reszta współczesnego arsenału maszyn automatycznych pełniących funkcję w armii lub w przemyśle, posiadają narządy zmysłów, to znaczy receptory sygnałów przychodzących z zewnątrz. Mogą to być urządzenia tak proste, jak komórki fotoelektryczne, których własności elektryczne ulegają zmianom pod wpływem światła, lub mogą być tak skomplikowane, jak kamera telewizyjna. Mogą one mierzyć napięcie prądu elektrycznego na podstawie zmian w drucie przewodzącym oraz mogą mierzyć temperaturę za pomocą termopary, to jest instrumentu złożonego z dwóch różnych stykających się ze sobą metali, przez które płynie prąd, gdy jeden z punktów styku jest ogrzany. Każdy instrument z repertuaru aparatów naukowych jest potencjalnym narzędziem zmysłowym, i może być zbudowany tak, że odczytane przez siebie dane będzie przekazywał na odległość za pośrednictwem odpowiedniego urządzenia elektrycznego. Tak więc już od jakiegoś czasu mamy do dyspozycji maszyny, których działanie jest uwarunkowane przez ich stosunek do świata zewnętrznego i przez to, co się dzieje w świecie zewnętrznym.

Maszyna oddziaływająca na świat zewnętrzny za pomocą sygnałów też nie jest nam obca. Automatyczne, fotoelektryczne urządzenie do otwierania drzwi znane jest każdemu, kto był na Dworcu Pennsylvania w Nowym Jorku; znajduje ono zastosowanie także w wielu innych budynkach. Gdy sygnał polegający na przecięciu wiązki światła dociera do aparatu, sygnał ten działa na drzwi i powoduje ich otwarcie, tak że pasażer może przejść.

Poszczególne etapy pomiędzy oddziaływaniem na mechanizm tego typu poprzez jego narządy zmysłowe a wykonaniem przez niego podstawowej czynności mogą być tak proste, jak w przypadku drzwi elektrycznych, ale także mogą być skomplikowane w tych granicach, jakie dopuszczają nasze możliwości techniczne. Działanie złożone to takie, w którym wprowadzone dane zwane *stanem wejścia (input)* mogą występować w wielu kombinacjach, aż osiągną swój cel, zwany *stanem wyjścia (output)*, wpływający na świat zewnętrzny. Są to kombinacje zarówno danych wprowadzanych w aktualnym momencie, jak i danych zaczerpniętych z zasobu informacji zwanego pamięcią. Te ostatnie są zanotowane w maszynie. Najbardziej skomplikowanymi mechanizmami, *przetwarzającymi dane wejściowe (input data) na dane wyjściowe (output data)*, są szybkie elektryczne maszyny liczące, które później omówię bardziej szczegółowo. Sposób działania tych maszyn określa się przez specjalny program działania, który często składa się z perforowanych kart, taśm lub namagnetyzowanych drutów i który precyzuje sposób działania maszyny przy dokonywaniu określonej operacji. Ze względu na częste stosowanie taśmy perforowanej lub magnetycznej, dane wprowadzane do maszyny i określające jej sposób działania nazywa się *programowaniem (taping)*.

Powiedziałem, że człowiek i zwierzę posiadają zmysł kinestetyczny, dzięki któremu notują położenie i napięcie swoich mięśni. Aby maszyna podlegająca wpływom zmiennego otoczenia zewnętrznego mogła działać skutecznie, informacje dotyczące jej własnego działania muszą być dostarczone jako część tych informacji, na podstawie których ona działa. Jeżeli na przykład korzystamy z windy, nie wystarcza otworzenie zewnętrznych drzwi tylko na tej zasadzie, że wydaliśmy rozkaz, aby winda była przy drzwiach w momencie, gdy je otwieramy. Ważne jest, by drzwi dały się otworzyć w zależności od tego, czy winda istotnie jest przy nich, bo w przeciwnym razie - w przypadku, gdyby coś zatrzymało kabinę po drodze - pasażer mógłby wpaść do pustego szybu. Taka kontrola maszyny na podstawie jej *faktycznego (actual)*, nie zaś *oczekiwanego (expected)* działania zwana jest *sprężeniem zwrotnym (feedback)*. Związana jest ona z wprowadzeniem elementów sensorycznych kontrolujących czynności wykonane przez maszynę, a działających pod wpływem elementów motorycznych. Funkcja tych urządzeń polega na przeciwdziałaniu mechanicznej tendencji do dezorganizacji, innymi słowy, na czasowym i lokalnym odwracaniu normalnego kierunku entropii.

Wymieniłem przed chwilą windę jako przykład sprzężenia zwrotnego. W innych przypadkach rola sprzężenia zwrotnego jest jeszcze bardziej widoczna. Na przykład celowniczy działa otrzymuje informację od swych instrumentów obserwujących i przekazuje je działu, które dzięki temu nastawione jest tak, aby pocisk trafił w poruszający się cel w określonym momencie. Otóż dział musi być używane przy każdej pogodzie. Czasami smary są ciepłe i dział obraca się łatwo i szybko. Kiedy indziej smary są zmarznięte lub zanieczyszczone piaskiem i dział powoli reaguje na wydawane mu rozkazy. Jeżeli rozkazy uzyskują wzmocnienie w postaci dodatkowego bodźca - w sytuacji gdy dział nie reaguje łatwo na rozkazy, a otrzymywane instrukcje realizuje z opóźnieniem - wtedy błąd w celowaniu będzie mniejszy. Aby uzyskać możliwie najbardziej równomierną reakcję działu na rozkazy, zaopatruje się dział w urządzenia kontrolne, działające na zasadzie sprzężenia zwrotnego, które odczytuje opóźnienia położenia działu w stosunku do pozycji, którą powinno przybrać zgodnie z danymi mu rozkazami, i które, stosownie do tej różnicy, nadaje działu dodatkowy bodziec.

Należy oczywiście zapobiegać, by ten bodziec nie był zbyt wielki, bo wtedy dział za bardzo zmieni swe położenie i będzie musiało być cofnięte do właściwej pozycji w drodze szeregu wahań (oscylacji), które mogą się zwiększać, co doprowadzi do katastrofalnej destabilizacji działu. Jeżeli mechanizm sprzężenia zwrotnego sam podlega kontroli - to znaczy jeśli jego własne skłonności do entropii są kontrolowane z kolei przez inne urządzenia - niepożądane zjawisko nie nastąpi, a istnienie sprzężenia zwrotnego zwiększy stabilność zachowania się działu. Innymi słowy, zachowanie się działu będzie zależało od tarcia, czyli od oporu stawianego przez stwardnienie smaru.

Coś bardzo podobnego występuje w przypadku działania ludzkiego. Jeżeli sięgam po cygaro, nie zamierzam wprawić w ruch żadnych określonych mięśni; w wielu zresztą wypadkach nie wiem nawet, o które mięśnie chodzi. Moja czynność polega na włączeniu pewnego mechanizmu sprzężenia zwrotnego, a mianowicie odruchu, przy którym stopień, w jakim nie udało mi się dosięgnąć cygara, jest źródłem nowego, silniejszego rozkazu dla mięśni nie wykonujących należycie zadania. W ten sposób bardzo podobne rozkazy, wynikające z mojej woli, umożliwiają wykonanie takiej samej czynności z bardzo różnych pozycji wyjściowych, niezależnie od słabszej reakcji mięśni, spowodowanej ich zmęczeniem. Podobnie gdy prowadzę samochód, nie kieruję się rozkazami zależnymi tylko od obrazu drogi, jaki mam w umyśle, i od zadania, jakie mam wykonać. Jeżeli stwierdzam, że samochód skręca za bardzo na prawo, fakt ten sprawia, że kieruję go w lewo. Zależy to od faktycznego zachowania się samochodu, a nie tylko od drogi, i pozwala mi na niemal równie skuteczne prowadzenie lekkiego Austina, jak i dużej ciężarówki, bez konieczności wyrabiania sobie odrębnych nawyków do prowadzenia jednego i drugiego. Będę o tym pisał szerzej w rozdziale poświęconym specjalnym maszynom. Będzie tam mowa o usługach, jakie może oddać neuropatologii badanie mechanizmów odznaczających się wadami działania, podobnymi do wad spotykanych w organizmach ludzkich.

Moją tezą jest, że fizyczne funkcjonowanie żyjącego osobnika oraz działanie niektórych nowszych maszyn, służących do porozumiewania się, odznacza się ścisłym podobieństwem polegającym na analogicznych wysiłkach do przeciwdziałania entropii poprzez sprzężenia zwrotne. Oba systemy mają receptory zmysłowe funkcjonujące na pewnym etapie cyklu działania: u obu istnieją specjalne aparaty do odbierania informacji ze świata zewnętrznego przy małym nakładzie energii i do wykorzystywania tych informacji w działaniu osobnika ludzkiego lub maszyny. W obu przypadkach informacje z zewnątrz nie są przyjmowane w ich formie pierwotnej, lecz przekształcane za pośrednictwem wewnętrznych urządzeń bez względu na to, czy chodzi o ustrój organiczny czy nieorganiczny. Informacje te są przekształcane w formy nadające się do wykorzystania w dalszych stadiach zachowania organizmu lub maszyny. Zarówno jeśli chodzi o zwierzę, jak i o maszynę, ich zachowanie się ma wywrzeć wpływ na świat zewnętrzny. W obu przypadkach - faktyczne, a nie tylko zamierzone - oddziaływanie na świat zewnętrzny jest komunikowane z powrotem centralnemu aparatowi rejestrującemu. Przeciętny człowiek nie zdaje sobie sprawy z tego procesu. Nie docenia też należycie jego roli w analizie życia społecznego, chociaż z tego punktu widzenia można rozpatrywać nie tylko fizyczne reakcje osobnicze, lecz i organiczne reakcje społeczeństwa. Nie twierdzą, że socjologowie nie zdają sobie sprawy z istnienia i złożonego charakteru procesów porozumiewania się między ludźmi, jednak do niedawna nie dostrzegali zakresu, w jakim są one cementem wiążącym społeczeństwo.

Poznaliśmy w tym rozdziale podstawową jedność zespołu pojęć, których dotychczas nie kojarzono ze sobą w dostatecznie wyraźny sposób, a mianowicie probabilistycznego poglądu na fizykę, wprowadzonego przez Gibbsa jako modyfikacja tradycyjnych koncepcji newtonowskich, poglądów św. Augustyna na porządek i wynikające z niego zachowanie się, oraz teorii o porozumiewaniu się ludzi i maszyn w obrębie społeczeństwa, rozumianemu jako sekwencja wydarzeń w czasie, która, choć sama podlega pewnemu prawdopodobieństwu, dąży jednak do przeciwdziałania skłonności natury do bezładu przez to, że wykorzystuje pewne elementy natury do swych różnych celów.

## Rozdział II

### Postęp a entropia

Jak powiedzieliśmy, statystyczna tendencja natury do bezładności, tendencja entropii do wzrastania w układach izolowanych, znajduje wyraz w drugim prawie termodynamiki. My, istoty ludzkie, nie jesteśmy układami izolowanymi. Pobieramy z zewnątrz żywność, która rodzi energię, i jesteśmy w konsekwencji częściami tego większego świata, który zawiera źródła naszej żywotności. Ale jeszcze ważniejszy jest fakt, że przez nasze narządy zmysłów pobieramy informacje i stosownie do nich działamy.

Fizykowi wiadome jest znaczenie tego twierdzenia o naszych związkach ze środowiskiem. Wspaniałego przykładu ilustrującego rolę informacji dostarczył Clerk Maxwell. Jest to tzw. „demon Maxwella”, którego można opisać w następujący sposób.

Założmy, że mamy naczynie z gazem o równomiernej temperaturze. Niektóre molekuly gazu będą się poruszać szybciej od innych. Założmy dalej, że owo naczynie posiada drzwiczki do rury, która z kolei prowadzi do maszyny cieplnej; wylot tej maszyny przez drugą rurę i drugie drzwiczki prowadzi z powrotem do naczynia z gazem. Przy obu drzwiczkach jest mała istota, która potrafi obserwować nadchodzące molekuly oraz otwierać lub zamykać drzwiczki zależnie od prędkości tych molekul.

Demon przy pierwszych drzwiach otwiera je tylko dla molekul o dużej prędkości, a zamyka, gdy z naczynia zbliża się molekula o małej prędkości. Rola demona przy drugich drzwiach jest odwrotna: otwiera on je tylko dla molekul o małej prędkości, wędrujących z naczynia, zamyka zaś, gdy zbliża się molekula o dużej prędkości. W konsekwencji temperatura wzrasta w jednym końcu naczynia, a maleje w drugim, stwarzając w ten sposób nieustanny ruch „drugiego rodzaju”, to jest nieustanny ruch, który nie narusza pierwszego prawa termodynamiki, głoszącego, że ilość energii w obrębie danego układu jest stała; narusza natomiast drugie prawo termodynamiki, głoszące, że energia samorzutnie dąży do wyrównania temperatury. Innymi słowy, demon Maxwella zdaje się przewyżczać tendencję entropii do wzrastania.

Mogę zilustrować tę koncepcję dokładniej na przykładzie tłumu tłoczącego się na stacji kolei podziemnej przy dwóch drzwiach obrotowych, z których jedne przepuszczają wyłącznie ludzi biegnących z pewną określoną szybkością, a drugie tylko ludzi posuwających się powoli. W ten sposób przypadkowy ruch na stacji przejawia się jako strumień szybko idących ludzi, wypływający z pierwszych drzwi, podczas gdy drugie będą przepuszczać tylko ludzi idących wolno. Jeżeli drzwi te będą połączone jakimś rodzajem kieratu, to ludzie idący szybko będą obracać swoje drzwi w jednym kierunku silniej niż ludzie wolno idący drugie drzwi w przeciwnym kierunku, i w ten sposób przypadkowe tłoczenie się tłumu będzie źródłem użytecznej energii.

W tym punkcie występuje bardzo ciekawa różnica pomiędzy fizyką naszych dziadków a fizyką współczesną. Według fizyki dziewiętnastowiecznej uzyskanie informacji zdawało się nic nie kosztować, w rezultacie Maxwell nie widział przeszkód, by któregoś ze swych demonów uczynić samoistnym źródłem energii. Fizyka współczesna natomiast uznaje, że demon może uzyskać informacje, według których zamyka lub otwiera drzwi, za pośrednictwem pewnego narządu zmysłu, w danym przypadku oka. Światło, wpadając do oka demona, nie jest pozbawionym energii uzupełnieniem ruchu mechanicznego, lecz w zasadzie posiada te same własności, co ruch mechaniczny. Aby światło mogło być pochwycone przez jakiś instrument, musi się z nim zderzyć; aby mogło wskazać położenie jakiejś cząsteczki, musi się zderzyć również i z nią. Znaczący to, że nawet z czysto mechanicznego punktu widzenia nie możemy traktować naczynia z gazem jako zawierającego tylko gaz, bowiem zawiera ono i gaz, i światło - w stanie równowagi lub nie. Jeżeli będą one w stanie równowagi, to na podstawie obecnych koncepcji fizycznych można wykazać, że demon Maxwella będzie tak ślepy, jak gdyby nie było tam wcale światła. Zaś obłok światła padającego ze wszystkich stron nie da żadnych wskazówek co do położenia i pędu cząsteczek gazu. Toteż demon

Maxwella może działać tylko w układzie nie będącym w stanie równowagi. W takim układzie jednak stałe zderzanie się światła z cząsteczkami gazu prowadzi światło i cząsteczki do stanu równowagi. Zatem, jakkolwiek demon chwilowo zdoła odwrócić zwykły kierunek entropii, jego działanie będzie trwało tylko przez pewien czas.

Demon Maxwella może działać bez końca jedynie wówczas, gdy dodatkowe światło będzie napływało spoza układu i będzie swą temperaturą różniło się od mechanicznej temperatury cząsteczek. Sytuacja taka powinna nam być doskonale znana, ponieważ świat wokół nas widzimy w świetle słońca, któremu bardzo daleko do równowagi z mechanicznymi układami na naszym globie. Mówiąc ściśle: oglądamy cząsteczki o temperaturze od 50 do 60° F w świetle przychodzącym ze słońca, którego temperatura wynosi wiele tysięcy stopni.

W układzie, który nie jest w stanie równowagi, lub w części takiego układu entropia nie musi wzrastać, a nawet w skali lokalnej może maleć. Ta nierównowaga w otaczającym nas świecie jest zapewne tylko pewnym stadium tendencji wyrównującej, która ostatecznie prowadzi do stanu równowagi. Prędzej czy później umrzemy, i jest rzeczą wysoce prawdopodobną, że cały otaczający nas wszechświat umrze śmiercią cieplną, która sprowadzi świat do stanu wyrównanej temperatury, w którym nic nowego już się nie dzieje; do szarej jednostajności, gdzie możemy oczekiwać już tylko drobnych lokalnych fluktuacji.

Nie jesteśmy jednak świadkami ostatnich stadiów śmierci świata. Nie będą one zresztą mogły mieć świadków. Świat, jaki nas bezpośrednio obchodzi, jest w stadium, które, choć stanowi drobny ułamek wieczności, posiada wielkie znaczenie dla naszych celów, gdyż entropia w nim nie wzrasta, a rozwija się stopień organizacji i jego odpowiednik, jakim jest ilość informacji.

To, co powiedziałem o enklawach wzrastającego stopnia organizacji, nie ogranicza się do organizacji przejawianej przez istoty żywe. Maszyny również przyczyniają się do lokalnego i chwilowego wzrostu informacji, pomimo organizacji prymitywnej i niedoskonałej w porównaniu z nami.

Pragnę tu wtrącić uwagę o charakterze semantycznym. Słowa takie, jak „życie”, „cel”, „dusza”, w sposób rażący nie odpowiadają wymogom ścisłego myślenia naukowego. Terminy te nabrały znaczenia dzięki temu, że postrzegamy jedność pewnych grup zjawisk, lecz nie dają nam one wystarczającej podstawy do scharakteryzowania tej jedności. Ilekroć napotykamy nowe zjawisko, które w jakimś stopniu posiada cechy tego, co już dawniej nazwaliśmy „zjawiskami życia”, lecz nie pokrywa się ze wszystkimi aspektami składającymi się na jego definicję, stajemy wobec problemu, czy rozszerzyć znaczenie terminu „życie” tak, aby objąć nim to nowe zjawisko, czy też zdefiniować pojęcie życia w sposób na tyle wąski, żeby to nowe zjawisko pozostało poza zasięgiem definicji. Stanęliśmy wobec tego problemu już dawniej w przypadku wirusów, które wykazują pewne cechy życia: trwanie, rozmnażanie się i organizację, lecz nie przejawiają tych cech w pełni. Teraz, gdy spostrzegamy pewne analogie w zachowaniu się maszyn i organizmów żywych, problem, czy maszyna jest tworem żywym czy nie, ma z naszego punktu widzenia charakter semantyczny, i możemy rozstrzygnąć go tak, jak jest nam wygodniej. Jak wyrażał się Humpty Dumpty<sup>3</sup> o niektórych swoich najbardziej znakomitych słowach: „wprawdzie je przepłacam, ale za to czynią one wszystko, co jest mi wygodne”.

Jeżeli pragniemy używać słowa „życie” na oznaczenie wszystkich zjawisk, które w skali lokalnej płyną pod prąd rosnącej entropii, możemy to uczynić. Ale w takim razie obejmiemy tym terminem wiele zjawisk astronomicznych, które tylko w mglisty sposób przypominają znane nam formy życia. Dlatego też, moim zdaniem, najlepiej jest unikać wszelkich wątpliwych terminów opartych na zasadzie

---

<sup>3</sup> Postać popularnej w Ameryce książki Lewis Carrolla: *Through the looking glass*. (Przyp. red.)

błędnego koła, takich jak „życie”, „dusza”, „witalizm”, a wypowiedzi na temat maszyn ograniczyć do stwierdzenia, że nie ma powodu, dla którego nie miałyby przypominać istot ludzkich w tym, że są wysepkami malejącej entropii w obrębie systemu, w którym entropia ma tendencję do wzrastania.

Gdy porównuję żywy organizm z takim mechanizmem, nie mam bynajmniej na myśli, że znane nam swoiste, fizyczne, chemiczne i duchowe procesy życia są takie same, jak procesy występujące w maszynach naśladowujących istoty żywe. Chcę tylko powiedzieć, że jedne i drugie stanowią przykłady lokalnych procesów antyentropijnych, dających się zresztą zilustrować szeregiem innych zjawisk, których nie nazwalibyśmy ani biologicznymi, ani mechanicznymi.

Chociaż niemożliwe są żadne ogólne twierdzenia na temat automatów naśladowujących istoty żywe, gdyż mamy do czynienia z dziedziną gwałtownie rozwijającej się automatyzacji, istniejące już maszyny posiadają pewne cechy wspólne, które pragnę podkreślić. Po pierwsze, są to maszyny mające wykonać określone zadania, i dlatego muszą posiadać efektory (analogiczne do ludzkich rąk i nóg), za pomocą których zadania te mogą być wykonane. Po drugie, muszą one utrzymywać kontakt ze światem zewnętrznym za pomocą narządów zmysłów, takich jak komórki fotoelektryczne lub termometry, które nie tylko poinformują je o warunkach zewnętrznych, lecz pozwalają im zanotować wykonanie lub niewykonanie ich zadań. Funkcję tę, jak wiemy, nazywamy *sprzężeniem zwrotnym*; jest to zdolność kierowania przyszłym postępowaniem w zależności od wyników działania w przeszłości. Sprzężenie zwrotne może być tak proste, jak zwykły odruch, ale może też być wyższego rzędu - wówczas doświadczenie wykorzystywane jest nie tylko do regulowania poszczególnych ruchów, lecz także całego systemu zasad zachowania się. Sprzężenie zwrotne tego drugiego rodzaju często występuje pod postacią, której jednym aspektem jest odruch warunkowy, innym zaś uczenie się.

Przy wszystkich bardziej skomplikowanych formach zachowania się muszą istnieć centralne narządy decyzji. Określają one, co maszyna ma uczynić w następnym momencie na podstawie informacji zmagazynowanych w sposób analogiczny do pamięci u organizmów żywych.

Łatwo jest wykonać prostą maszynę, która będzie podążała ku światłu lub uciekała od niego. Jeżeli takich maszyn będzie więcej i każda z nich będzie posiadać własne źródło światła, to wówczas pojawią się skomplikowane formy zachowania się społecznego, opisane przez dr Grey Waltera w książce *The Living Brain*. Obecnie bardziej skomplikowane maszyny tego typu są jedynie naukowymi zabawkami służącymi do badania możliwości mechanizmów i ich odpowiednika - systemu nerwowego. Dają one jednak podstawę do przypuszczania, że w niedalekiej przyszłości rozwój technologi umożliwi praktyczne wykorzystanie pewnych tkwiących w nich możliwości.

Podstawowe podobieństwo pomiędzy systemem nerwowym a maszyną automatyczną polega więc na tym, że są to urządzenia, które podejmują decyzje na zasadzie decyzji podjętych w przeszłości. Najprostsze urządzenie mechaniczne dokonuje decyzji wyboru między dwoma możliwościami, jak np. zamknięcie lub otworzenie przełącznika. W systemie nerwowym poszczególne włókno nerwowe również decyduje, czy przewodzić impuls, czy nie. Zarówno maszyna, jak i nerw ma specjalny aparat sprawiający, że przyszłe decyzje zależą od poprzednich postanowień. W systemie nerwowym znaczna część tego zadania wykonywana jest w niezwykle skomplikowanych miejscach zwanych synapsami, gdzie pewna ilość włókien nerwowych wprowadzających łączy się z jednym włóknem nerwowym wyprowadzającym. W wielu przypadkach podstawę tych decyzji można określić jako próg działania synapsy, ustalając, ile włókien prowadzących do synapsy ma przewodzić impuls, aby włókno prowadzące od synapsy również przekazało impuls.

Taka jest podstawa przynajmniej części analogii pomiędzy maszynami a organizmami żywymi. Synapsa w organizmie żywym odpowiada urządzeniu przełącznikowemu w maszynie. Co do innych



związków pomiędzy maszynami a organizmami żywymi należy zapoznać się z niezwykle pouczającymi książkami dr Waltera i dr Rossa Ashby<sup>4</sup>.

Maszyna, podobnie jak organizm żywy - o czym już mówiłem - jest urządzeniem, które w skali lokalnej i w pewnym okresie czasu zdaje się przeciwstawiać ogólnej tendencji wzrastania entropii. Dzięki swej zdolności podejmowania decyzji może ona - w świecie posiadającym ogólną tendencję do zacierania różnic - wytworzyć wokół siebie lokalną strefę organizacji.

Uczony zawsze dąży do wykrycia porządku i organizacji we wszechświecie, a zatem prowadzi grę ze swym głównym wrogiem, dezorganizacją. Czy ów szatan chaosu odpowiada wyobrażeniom manichejczyków, czy św. Augustyna? Czy jest to siła przeciwstawiająca się aktywnie porządkowi, czy też jest to po prostu brak porządku? Od tej różnicy zależy taktyka, jaką należy przeciwko niemu stosować. Diabeł manichejczyków jest przeciwnikiem, który - jak każdy przeciwnik - za wszelką cenę pragnie zwycięstwa i w tym celu posłuży się każdym chwytem i podstępem. Przede wszystkim zaś będzie zasady swej taktyki trzymał w tajemnicy, a jeśli się zdradzimy, że zaczynamy pojmować jego taktykę, zmieni ją, aby nas utrzymywać w niewiedzy. Zaś diabeł św. Augustyna nie jest siłą samą w sobie, lecz miarą naszej słabości. Może się okazać, że do rozpoznania jego taktyki musimy zaangażować całą naszą pomysłowość, lecz skoro ją raz rozpoznamy, to tak, jak gdybyśmy znaleźli egzorcyzm na diabła. Nie zmieni już on swej taktyki, by nas tą zmianą wprowadzić w błąd. Natomiast diabeł manichejczyków gra z nami w pokera i chętnie bluffuje. Jak wyjaśnił von Neumann w swej *Theory of Games*, ma to na celu nie tylko wygranie dzięki bluffowi, lecz także przeszkodzenie przeciwnikowi w osiągnięciu wygranej na zasadzie pewności, że się samemu nie bluffuje.

W porównaniu ze złośliwą istotą manichejczyków, diabeł św. Augustyna jest głupi. Gra z nim jest trudna, lecz nasza inteligencja może go pokonać równie dobrze, jak święcona woda.

Co do natury diabła, mamy aforyzm Einsteina, który jest czymś więcej niż aforyzmem: jest mianowicie stwierdzeniem na temat metody naukowej: „Bóg jest wyrafinowany, ale nie przewrotny”. Słowo „Bóg” służy tutaj do oznaczenia tych sił w przyrodzie, które przypisaliśmy jego nędznemu słudze - diabłu, Einstein zaś mówi, że siły te nie bluffują. Diabeł ów zapewne nie różni się zbyt od Mefistofelesa, który, zapytany przez Fausta, czym jest, odpowiedział: „Częścią tej siły, która zawsze dąży do zła i zawsze czyni dobrze”. Innymi słowy, diabeł nie ma nieograniczonej możliwości oszukiwania, i dlatego uczony szukający jakiejś pozytywnej siły, która by nastawiona była na wprowadzenie go w błąd, w jego badaniach wszechświata po prostu marnuje czas. Natura przeciwstawia się jej rozszyfrowaniu, lecz nie jest na tyle pomysłowa, by wyszukiwać nowe i nie dające się odczytać sposoby zagłuszenia kontaktu ze światem zewnętrznym.

Odróżnienie biernego oporu przyrody od czynnego oporu przeciwnika kojarzy się z różnicą pomiędzy badaczem a wojownikiem lub graczem. Fizyk w pełni dysponuje czasem na przeprowadzanie swych doświadczeń i nie musi się obawiać, że przyroda w pewnym momencie rozpozna jego chwytły oraz metodę działania i w związku z tym zmieni swoją taktykę. Dlatego też o wynikach pracy badawczej rozstrzygają najlepsze chwile uczonego. Natomiast szachista nie może popełnić jednego błędu bez tego, by czujny przeciwnik nie wykorzystał gaffy dla swego zwycięstwa. Toteż o wynikach gry szachisty decydują raczej jego najgorsze chwile, niż najlepsze. Być może, iż twierdząc tak kieruję się własnym uprzedzeniem, potrafię bowiem osiągać pewne wyniki w pracy naukowej, podczas gdy jako szachista zawsze padam ofiarą własnej nieuwagi w momentach krytycznych.

---

<sup>4</sup> W. Ross Ashby, *Design for a Brain*, Wiley, Nowy Jork, 1952, oraz W. Grey Walter, *The Living Brain*, Norton, Nowy Jork, 1953.

Uczony ma więc podstawy do uważania swego oponenta za uczciwego przeciwnika. Postawa ta jest konieczna w pracy badawczej, ale sprawia, że uczony w sprawach wojny i polityki łatwo daje się oszukiwać ludziom pozbawionym skrupułów. Ponadto pociąga ona za sobą ten skutek, że ogółowi, o wiele bardziej zainteresowanemu antagonizmami osobistymi niż potyczkami z przyrodą, trudno jest zrozumieć stanowisko uczonego.

Jesteśmy w sytuacji, w której wszechświat jako całość posłuszny jest drugiemu prawu termodynamiki: zamęt wzrasta, porządek maleje. Jednak, jak widzieliśmy, drugie prawo termodynamiki, choć zachowuje prawdopodobnie moc obowiązującą w stosunku do całości jako systemu zamkniętego, na pewno nie obowiązuje pewnej jego nieizolowanej części. W świecie, w którym entropia ma w sumie tendencję do wzrastania, istnieją lokalne i przemijające wyspy entropii malejącej; istnienie tych wysp pozwala niektórym z nas mówić o postępie. Co można rzec o ogólnym kierunku, w jakim zdąża bitwa pomiędzy postępem a rosnącą entropią w świecie, który nas otacza?

Jak wszyscy wiemy, Oświecenie krzewiło ideę postępu, chociaż nawet i wtedy, wśród ludzi osiemnastego wieku, byli tacy, którzy czuli, że postęp podlega prawu zmniejszających się plonów i że Złoty Wiek społeczeństwa nie różniłby się bardzo od tego, co widzieli wokół siebie. Pęknięcia w gmachu Oświecenia, odkryte przez Rewolucję Francuską, również gdzie indziej wywołały wątpliwości na temat postępu. Malthus na przykład wróżył, że kultura jego epoki stoczy się w przepaść niepoohamowanego wzrostu ludności, który pochłonie wszystkie dotychczasowe zdobycze ludzkości.

Linia rozwoju intelektualnego od Malthusa do Darwina jest jasna. Wielką nowością w teorii ewolucji Darwina było to, że wyobrażał sobie tę ewolucję nie jako lamarckowskie samorzutne przechodzenie do form coraz wyższych i coraz lepszych, lecz jako zjawisko, w którym istoty żywe wykazują (a) samorzutną skłonność do wielokierunkowego rozwoju i (b) skłonność do kroczenia śladami swoich przodków. Połączenie tych dwóch czynników powodowało w rezultacie przycinanie zbyt bujnej ewolucji w przyrodzie i w drodze doboru naturalnego eliminowało te organizmy, które były źle dostosowane do swego otoczenia. W wyniku eliminacji powstał pewien zasób form życia, które przetrwały lepiej lub gorzej dostosowane do swego środowiska. Te formy, które przetrwały, według Darwina, stwarzają pozór celowości we wszechświecie.

Koncepcja ta pojawiła się na nowo w pracy dra W. Rossa Ashby, który posługuje się nią wyjaśniając pojęcie maszyn uczących się. Wskazuje on mianowicie na fakt, że maszyna o budowie dostatecznie przypadkowej posiada pewne stany zbliżone do równowagi oraz pewne stany odległe od równowagi; stany zbliżone do równowagi z natury rzeczy trwają długo, podczas gdy inne pojawiają się tylko przejściowo. W konsekwencji w maszynie Ashby'ego, podobnie jak w przyrodzie według koncepcji Darwina, mamy do czynienia z pozorem celowości w systemie, który nie jest zbudowany w sposób celowy; dzieje się tak po prostu dlatego, że bezcelowość jest z natury rzeczy przejściowa. Oczywiście na dłuższą metę wielki cel maksymalnej entropii okaże się najbardziej trwały ze wszystkich. Ale zanim to nastąpi, organizmy lub społeczeństwa organizmów będą miały tendencję do utrzymywania tych form działalności, w których rozmaite części współpracują według pewnego mniej lub bardziej sensownego wzoru.

Sądzę, że głęboka koncepcja Ashby'ego na temat losowego mechanizmu, który pierwotnie nie posiada celu i szuka go w procesie uczenia się, jest nie tylko jednym z wielkich osiągnięć filozoficznych naszych czasów, lecz także doprowadzi do bardzo pożytecznych zdobyczy technicznych w dziedzinie automatyzacji. Nie tylko potrafimy bowiem nadać maszynie cel przez odpowiednie jej

skonstruowanie, ale w olbrzymiej większości przypadków maszyna zbudowana tak, aby unikać pewnych pułapek grożących jej zepsuciem, będzie sama szukała celu, który by mogła osiągnąć.

Nawet w dziewiętnastym wieku wpływ Darwina na pojęcie postępu nie ograniczał się do biologii. Wszyscy filozofowie i socjologowie czerpią swe koncepcje naukowe ze źródeł dostępnych w ich epoce. Nic też dziwnego, że Marks i współcześni mu socjaliści przyjęli darwinowski punkt widzenia w sprawach ewolucji postępu.

W fizyce pojęcie postępu przeciwstawia się pojęciu entropii, lecz mimo to pomiędzy tymi dwoma pojęciami nie ma absolutnej sprzeczności. W teoriach fizycznych, opartych bezpośrednio na pracy Newtona, informacja - która umożliwia postęp i wymierzona jest przeciw wzrostowi entropii - mogła być przekazywana za pośrednictwem znikomych ilości energii, a może nawet w ogóle bez energii. W bieżącym stuleciu pogląd ten uległ zmianie wskutek wprowadzenia do fizyki teorii znanej jako teoria kwantów.

Z punktu widzenia spraw, które nas interesują, teoria ta doprowadziła do ustalenia nowych związków pomiędzy energią a informacją. Związek ten w formie prymitywnej występuje w teoriach szumów na linii w obwodzie telefonicznym lub we wzmacniaczu. Można wykazać, że szumy takie są nieuniknione, gdyż wynikają z nieciągłego charakteru elektronów przenoszących prąd; ale niezależnie od tego szumy te mają zdolność niszczenia informacji. Dlatego też obwód wymaga pewnej zdolności komunikacyjnej, aby przekazywana wiadomość nie została pochłonięta przez jej własną energię. Bardziej istotny od tego przykładu jest fakt, że samo światło posiada strukturę atomistyczną. Światło o pewnej określonej częstotliwości jest wypromieniowywane partiami, są to tzw. kwanty świetlne, które mają ustaloną zależną od tej częstotliwości energię. Tak więc nie może być promieniowania o mniejszej energii niż jeden kwant. Przekazywanie informacji nie może nastąpić bez pewnego zużycia energii, tak że nie ma ostrej granicy pomiędzy sprzężeniem informacyjnym a sprzężeniem energetycznym. Pomimo tego kwant światła jest czymś bardzo małym, a ilość przekazywanej energii, niezbędnej do skutecznego sprzężenia informacyjnego, jest nieznaczna. Wynika z tego, że w takim procesie lokalnym, jak wzrost drzewa lub istoty ludzkiej, bezpośrednio lub pośrednio zależnym od promieniowania słonecznego, olbrzymiemu zmniejszeniu się lokalnej entropii może towarzyszyć przeniesienie bardzo umiarkowanych ilości energii. Jest to jeden z podstawowych faktów biologii, a zwłaszcza teorii fotosyntezy, czyli procesu chemicznego, dzięki któremu roślina może wykorzystać promienie słońca do tego, aby z wody i dwutlenku węgla, znajdującego się w atmosferze, wytwarzać skrobię oraz inne konieczne do życia skomplikowane substancje chemiczne.

Tak więc kwestia, czy drugie prawo termodynamiki należy interpretować pesymistycznie czy nie, zależy od wagi, jaką przypisujemy z jednej strony wszechświatowi jako całości, a z drugiej znajdującym w nim wyspom zmniejszającej się entropii. Pamiętajmy, że sami stanowimy taką wyspę malejącej entropii oraz że żyjemy pośród innych takich wysp. Dlatego też zwykła różnica pomiędzy tym, co bliskie, i tym, co odległe, zmusza nas do przywiązywania znacznie większej wagi rejonom malejącej entropii i rosnącej organizacji niż wszechświatowi jako całości. Bardzo możliwe, iż życie jest rzadkim zjawiskiem we wszechświecie, ograniczonym może do układu słonecznego, a może nawet, jeżeli brać pod uwagę życie na takim poziomie organizacji, jaki nas w zasadzie interesuje, tylko do naszego globu. Ale żyjemy na tym globie i ewentualny brak życia gdzie indziej we wszechświecie nie obchodzi nas zbytnio, a na pewno nie w stopniu proporcjonalnym do wielkości reszty wszechświata..

Można sobie również doskonale wyobrazić, iż życie występuje w ograniczonym okresie czasu, że nie istniało przed najwcześniejszymi epokami geologicznymi oraz iż może nadejść czas, kiedy Ziemia znów będzie wygasłą lub zamrożoną planetą bez życia. Dla tych spośród nas, którzy zdają sobie sprawę z ograniczonego zakresu warunków fizycznych, w których mogą nastąpić niezbędne do życia

reakcje chemiczne, nie ulega wątpliwości, że ten szczęśliwy przypadek, który umożliwia trwanie życia na ziemi (w jakiegokolwiek postaci, nawet bez ograniczenia form życia do czegoś, co przypomina życie ludzkie), musi znaleźć swój ostateczny i straszliwy kres. Pomimo wszystko może nam się udać taki dobór wartości, że ten przemijający przypadek istnienia, wyrażony w formie życia, i jeszcze bardziej przemijający przypadek istnienia w formie życia ludzkiego, pomimo ich krótkotrwałego charakteru, będzie mógł być uznany za źródło najważniejszych pozytywnych wartości.

W bardzo realnym sensie jesteśmy rozbitkami na planecie skazanej na zagładę. Ale nawet u rozbitków ludzkie zalety i ludzkie wartości nie muszą ginąć, i należy wydobyć z nich możliwie wszystko. Zatonimy w końcu, lecz niech to się stanie w sposób nie przynoszący ujemnej naszej godności.

Dotychczas mówiliśmy o pesymizmie, który jest przede wszystkim intelektualnym pesymizmem zawodowego pracownika naukowego, nie zaś emocjonalnym pesymizmem, będącym udziałem laika. Widzieliśmy, że teoria entropii oraz perspektywy ostatecznej śmierci cieplnej wszechświata nie muszą mieć przytłaczających konsekwencji moralnych, jak by się to wydawało na pierwszy rzut oka. Zresztą nawet takie ograniczone rozważania na temat przyszłości obce są emocjonalnej euforii przeciętnego człowieka, a zwłaszcza przeciętnego Amerykanina. Gdy rozważamy rolę postępu w zdążającym ku zagładzie wszechświecie, wizja naszych dążeń do postępu w obliczu nieodpartej konieczności może mieć tylko oczyszczającą siłę greckiej tragedii. Żyjemy jednak w świecie niezbyt uczulonym na tragedię.

Wychowanie przeciętnego dziecka amerykańskiego z wyższych warstw klas średnich jest takie, że chroni się je troskliwie przed świadomością śmierci. Jest ono wychowane w atmosferze legendy o świętym Mikołaju, i płacze gorzko, gdy się dowiaduje, że święty Mikołaj jest mitem. Właściwie nie godzi się ono nigdy z usunięciem tego bóstwa ze swego Panteonu i znaczną część późniejszego życia poświęca na szukanie jakiegoś emocjonalnego środka zastępczego.

Doświadczenie późniejszych lat uświadamia mu fakt śmierci indywidualnej, stałą groźbę katastrofy. A jednak ów typowy Amerykanin stara się sprowadzić te niefortunne fakty do roli czynników przypadkowych i zbudować na Ziemi Niebo, gdzie nie ma miejsca na rzeczy przykre. To Niebo na Ziemi polegać ma na wiecznym postępie i stałym dochodzeniu do Rzeczy Większych i Lepszych.

Nasz kult postępu może być omawiany z dwóch punktów widzenia: faktycznego i etycznego - przy czym ten drugi dostarcza kryteriów decydujących o aprobacie i dezaprobatie. Jeśli chodzi o samą analizę faktów, twierdzenie brzmi, że po wcześniejszych zdobyczach w dziedzinie odkryć geograficznych, których początek zbiega się z początkiem epoki nowożytnej, nadejdzie nieograniczony okres wynalazków, okres wykrywania nowych technik służących do opanowywania środowiska, w którym żyje ludzkość. Ci, którzy wierzą w postęp, głoszą, iż będzie on zdążył w nieskończoną, nieograniczoną przyszłość, niezbyt jednak odległą dla ludzkich rozważań. Ci, którzy podtrzymują ideę postępu jako zasadę etyczną, uważają ten nieograniczony i quasi spontaniczny proces przemian za *Rzecz Dobrą* i za podstawę zapewniającą przyszłym pokoleniom Raj na Ziemi. Można wierzyć w postęp jako fakt, nie wierząc w postęp jako zasadę etyczną, lecz obie te wiary łączą się ze sobą w katechizmie wielu Amerykanów.

Dla wielu z nas idea postępu jest nazbyt bliska, abyśmy zdawali sobie sprawę tak z faktu, że wiara ta występuje w okresie stanowiącym tylko małą cząstkę zapisanych dziejów człowieka, jak i z faktu, że stanowi ona jaskrawe zerwanie z naszymi przekonaniem i tradycjami religijnymi. Ani dla katolika, ani dla protestanta, ani dla żyda świat nie jest dobrym miejscem, gdzie można się spodziewać trwałej szczęśliwości. Kościół ofiaruje zapłatę za cnotę nie w jakiegokolwiek monecie, która by miała wartość obiegową wśród Władców Ziemi, lecz jako wymagalny płac w Niebie.

Kalwiniści w zasadzie uznają to samo, z pewnym zastrzeżeniem, iż Wybrańcy Boga, którzy pomyślnie przejdą straszne ostateczne badania w Dniu Sądu, są nieliczni i zostali arbitralnie wybrani przez Boga. Żadne cnoty na ziemi, żadna prawość moralna nie może w najmniejszym stopniu pomóc w uzyskaniu Jego korzystnej decyzji. Wielu dobrych zostanie potępionych. Kalwiniści na pewno nie oczekują na Ziemi szczęśliwości, której nie spodziewają się nawet w Niebie.

Prorokom hebrajskim daleko do pogody w ocenie przyszłych losów ludzkości, a nawet wybranego ludu izraelskiego. Wielki moralitet Hioba przyznaje mu wprowadzić zwycięstwo ducha, Bóg zaś raczy mu zwrócić stada, sługi i żony, lecz bynajmniej nie daje żadnego zapewnienia, że taki dość szczęśliwy efekt końcowy może być wynikiem czegoś innego niż arbitralny akt łaski Boga.

Komuniści, podobnie jak wyznawcy postępu, szukają raczej Nieba na Ziemi niż osobistego wynagrodzenia w życiu pozagrobowym. Wierzą jednak, że to Niebo na Ziemi nie ziści się bez walki. Zachowują postawę sceptyczną, zarówno wobec Wielkich Cukierkowych Gór przyszłości, jak i wobec Tortu w Niebie po śmierci. Islam, który to termin sam przez się oznacza zdanie się na wolę Boga, także nie jest zbyt wrażliwy na ideał postępu. Nie trzeba mówić o buddyzmie, z jego wiarą w Nirwanę i wyzwolenie się z zewnętrznego Koła Istnienia; jest on z zasady przeciwny pojęciu postępu, podobnie jak wszystkie pokrewne mu religie Indii.

Oprócz wygodnej, biernej wiary w postęp, którą wielu Amerykanów żywiło pod koniec dziewiętnastego stulecia, istnieje inna wiara, posiadająca charakter bardziej męski, bardziej energiczny. Dla przeciętnego Amerykanina postęp oznacza zdobycie Zachodu. Oznacza ekonomiczną anarchię na granicy oraz pełną wigoru prozę Owena Wistera i Teodora Roosevelta. Historycznie granica na Zachodzie była oczywiście zjawiskiem jak najbardziej autentycznym. Przez wiele lat rozwój Stanów Zjednoczonych postępował w kierunku pustych przestrzeni, które ciągle rozpościerały się coraz dalej na zachód. A jednak wielu poetyzujących na temat tej granicy było chwalcami przeszłości. Już w r. 1890 spis ludności uświadomił fakt, że prawdziwie pionierskie warunki życia na granicy znalazły swój kres. Wyraźnie zakreślony został geograficzny zasięg wielkiego zaplecza niezużytych i ogromnych zasobów naszego kraju.

Przeciętnemu człowiekowi trudno jest uzyskać perspektywę historyczną sprowadzającą postęp do właściwych rozmiarów. Muszkiet, którym posługiwano się przez prawie cały czas amerykańskiej Wojny Domowej, był tylko nieznacznie ulepszony w porównaniu z bronią używaną pod Waterloo; ta zaś z kolei niewiele różniła się od „Brown Bess” - strzelb skałkowych armii księcia Marlborough w czasie jego kampanii w Niderlandach. Ręczna bron palna istniała jednak co najmniej od piętnastego wieku, armaty zaś powstały o sto lat wcześniej. Jest rzeczą wątpliwą, czy niegwintowany muszkiet przewyższał zasięgiem najlepsze długie łuki, a na pewno nigdy nie dorównywał im celnością i szybkością ognia. A przecież długi łuk był prawie nieulepszonym wynalazkiem z epoki kamiennej.

Podobne zjawisko obserwujemy w sztuce budowania okrętów, a jednak drewniany okręt wojenny, w chwili gdy wychodził z użycia, wzorowany był w zasadzie na typie z początków siedemnastego wieku, a wzór ten z kolei posiadał rodowód sięgający wielu setek lat wstecz. Żeglarz z okrętu Kolumba byłby pełnowartościowym marynarzem na okręcie Farraguta. Więcej, nawet żeglarz ze statku, który przewiózł św. Pawła na Malte, czułby się zupełnie dobrze jako marynarz na przednim mostku jednego z żaglowców Józefa Conrada. Rzymski pastuch z pogranicza Dacji byłby niezgorszym *vaquero*, pędzącym stada długorogiego bydła przez równiny Teksasu do końcowej stacji kolejowej, chociaż widok jej wprawiłby go w zdumienie. Babiloński administrator nieruchomości należącej do świątyni nie potrzebowałby przeszkolenia ani w buchalterii, ani w obchodzeniu się z niewolnikami, gdyby mu przyszło zarządzać plantacją na Południu we wczesnym okresie. Krótko mówiąc, okres, w którym zasadnicze warunki życia znacznej większości ludzi podlegają częstym i rewolucyjnym przemianom,

nie zaczął się nawet przed Odrodzeniem i epoką wielkich odkryć. Dopiero od około połowy dziewiętnastego wieku przemiany następują szybko po sobie, coraz szybciej.

Nie warto więc w dawnych dziejach szukać analogii do takich wynalazków, jak maszyna parowa, statek parowy, lokomotywa, nowoczesne metody wytopienia metali, telegraf, kabel transoceaniczny, zastosowanie elektryczności i dynamitu, pociski wypełnione środkami wybuchowymi wielkiej mocy, samolot, lampa katodowa i bomba atomowa. Wynalazki w dziedzinie metalurgii, które oznajmiały początek epoki brązu, nie były ani tak skoncentrowane w czasie, ani tak różnorodne, abyśmy je mogli uznać za odpowiednik historyczny. Dobrze jest klasycznym ekonomistom zapewniać nas z wdziękiem, że zmiany te różnią się tylko co do stopnia i że różnice stopnia nie podważają analogii historycznych. Różnica pomiędzy leczniczą a śmiertelną dawką strychniny jest ostatecznie też tylko różnicą stopnia.

Historia i socjologia, uprawiane w sposób naukowy, opierają się na założeniu, że rozmaite przypadki szczególne są o tyle do siebie podobne, o ile społeczne mechanizmy jednego okresu odnoszą się również do innego. Jest jednak rzeczą pewną, iż od początku dziejów nowożytnych cała skala zjawisk zmieniła się w stopniu wystarczającym, aby wykluczyć proste przenoszenie do współczesności pojęć politycznych, rasowych i ekonomicznych, wywodzących się z epok wcześniejszych. Niemal równie oczywisty jest fakt, że okres nowożytny, zapoczątkowany przez epokę wielkich odkryć, jest bardzo niejednorodny.

W epoce odkryć Europa po raz pierwszy dowiedziała się o istnieniu wielkich, a słabo zaludnionych obszarów, zdolnych pomieścić ludność liczniejszą od europejskiej, obszarów pełnych nie wykorzystanych bogactw, nie tylko złota i srebra, lecz także innych artykułów handlu. Bogactwa te zdawały się niewyczerpane, istotnie, w skali rozwoju społeczeństwa z r. 1500 wyczerpanie ich oraz nasycenie nowych krajów ludnością było czymś bardzo odległym; 450 lat stanowi bowiem okres dłuższy od tego, który może objąć sięgająca w przyszłość myśl większości ludzi.

Ale istnienie tych nowych obszarów sprzyjało wytworzeniu się postawy przypominającej Szalone Przyjęcie z *Alicji w krainie czarów*. Kiedy na jednym miejscu nie było już herbaty i ciastek, Szalony Kapelusznik i Marcowy Zając<sup>5</sup> po prostu przenosili się na miejsce sąsiednie. Gdy Alicja spytała, co się stanie, skoro powrócą oni na swoje pierwotne miejsca, Marcowy Zając zmienił temat. Ludziom, w których mniemaniu całe ubiegłe dzieje wynosiły niespełna pięć tysięcy lat i którzy wierzyli, że Złoty Wiek lub Dzień Sądu Ostatecznego mogą nadejść w znacznie krótszym czasie, postępowanie Szalonego Kapelusznika wydawało się jak najbardziej sensowne. W miarę upływu czasu okazywało się, że na amerykańskim stole wszelakie dobra również się wyczerpały, jednak tempo, w jakim opuszczano jedno miejsce, by zająć następne, rosło przypuszczalnie do dzisiejszego dnia.

Wielu z nas nie zdaje sobie sprawy z tego, że ostatnie czterysta lat stanowi w historii bardzo szczególny okres. Ani tempo, ani charakter przemian w tych latach nie znajdują odpowiednika we wcześniejszych dziejach. Jest to częściowo wynikiem wzrostu skali komunikowania się ludzi ze sobą, a także wzrostu opanowania przyrody, co - na planecie tak niewielkiej, jak ziemia - z biegiem czasu może nas niewolniczo uzależnić od przyrody. Bo im więcej ze świata czerpiemy, tym mniej nam pozostaje, i na dłuższą metę będziemy mieli do spłacenia wielkie długi w momencie, który może się okazać bardzo niewygodny z punktu widzenia naszego dalszego istnienia. Jesteśmy niewolnikami postępu technicznego i nie możemy już przywrócić farmy w New Hampshire do stanu samowystarczalności z r. 1800, podobnie jak nie możemy - przez samo tylko pomyślenie - zwiększyć, a raczej - co ważniejsze - zmniejszyć naszego wzrostu. Nasze środowisko poddaliśmy tak radykalnym

---

<sup>5</sup> Bohaterowie popularnej w Ameryce i znanej w Polsce książki Lewis Carolla: *Alicja w krainie czarów*. (Przyp. red.)

zmianom, iż musimy teraz poddać zmianom nas samych, aby móc w nim istnieć. W dawnym środowisku żyć już nie możemy. Postęp stwarza nie tylko nowe możliwości, lecz i nowe ograniczenia. Wygląda na to, że sam postęp oraz nasza walka przeciwko wzrostowi entropii, od którego pragniemy uciec, muszą z natury rzeczy skończyć się zatarciem wszelkich różnic. Ale ten pesymistyczny nastrój znajduje podstawę jedynie w naszej ślepoty i bezczynności, gdyż jestem przekonany, że gdy raz uświadomimy sobie nowe potrzeby, wynikające z nowego środowiska, oraz nowe sposoby zaspokojenia tych potrzeb, pozostające w naszej dyspozycji, to potrwa jeszcze bardzo długo, nim nasza cywilizacja i nasz ród ludzki zginą; choć niewątpliwie zginą, podobnie jak każdy z nas rodzi się, by umrzeć. Lecz od perspektywy ostatecznej śmierci do całkowitej prostracji jest daleko, i odnosi się to zarówno do cywilizacji i rodzaju ludzkiego, jak i do każdego z jego członków. Obyśmy mieli odwagę stanąć wobec możliwej zagłady naszej cywilizacji, tak jak mamy odwagę stać wobec pewności naszej zagłady indywidualnej. Prymitywna wiara w postęp jest przekonaniem świadczącym nie o sile, ale o bierności, a tym samym o słabości.

## Rozdział III

### Niezmiennność i uczenie się: dwa wzory postępowania związanego z komunikowaniem się

Pewne typy maszyn i pewne organizmy żywe, zwłaszcza wyższe, mogą na podstawie dawniejszego doświadczenia zmieniać wzory swego postępowania w ten sposób, aby osiągnąć pewne szczególne cele antyentropijne i u tych wyższych form organizmów, czerpiących informacje z zewnątrz, środowisko - rozumiane jako przeszłe doświadczenie osobnika - może zmienić sposób zachowania się tych organizmów na taki, który w jakimś sensie będzie bardziej skuteczny w przyszłym środowisku. Innymi słowy, organizm nie przypomina monady Leibniza, działającej na zasadzie mechanizmu zegarowego i pozostającego w z góry ustalonej harmonii z wszechświatem, lecz wciąż na nowo dąży do równowagi z wszechświatem i jego przyszłymi formami. Jego terażniejszość różni się od przeszłości, a przyszłość od terażniejszości. W żywym organizmie, jak i we wszechświecie, dokładne powtórzenie przeszłości jest absolutną niemożliwością.

Praca dr W. Rossa Ashby'ego jest prawdopodobnie największym współczesnym osiągnięciem, które pozwala ustalić analogie pomiędzy organizmami żywymi a maszynami. Uczenie się, podobnie jak bardziej elementarne formy sprzężenia zwrotnego, jest procesem, dla którego kierunek w czasie nie jest sprawą obojętną. Cała koncepcja pozornie celowego organizmu mechanicznego, biologicznego bądź społecznego, przypomina raczej strzałę unoszoną prądem czasu w określonym kierunku niż odcinek prostej, który przebiega równie dobrze w jedną, jak w drugą stronę, zależnie od naszego uznania. Ucząca się istota nie jest mityczną amfisbeną starożytnych, posiadającą głowę na obu końcach, dla której obojętny był kierunek ruchu. Istota, która się uczy, posuwa się naprzód ze znanej przeszłości w nieznaną przyszłość, a przyszłość ta nie daje się wymienić z przeszłością.

Podam jeszcze inny przykład sprzężenia zwrotnego, wyjaśniający funkcję tego sprzężenia w procesie uczenia się. Gdy w wielkich salach kontroli ruchu na Kanale Panamskim trwa praca, pomieszczenia te są ośrodkami informacji idącej w dwóch kierunkach. Stamtąd nie tylko wychodzą sygnały regulujące ruch lokomotyw holowniczych, otwieranie i zamykanie śluz i bram, lub też kontrolujące, czy lokomotywy i bramy otrzymały rozkazy, lecz także przychodzą sygnały informujące o właściwym wykonaniu tych rozkazów. W przeciwnym razie obsługa mogłaby przypuszczać, że lokomotywa



zatrzymała się, i w następstwie skierować potężne cielsko pancernika na zamkniętą bramę lub spowodować jakąś inną z wielu możliwych katastrof.

Powyższe zasady kierowania odnoszą się nie tylko do urządzeń Kanału Panamskiego, lecz także do państw, armii oraz poszczególnych ludzi. W czasie Rewolucji Amerykańskiej zdarzyło się, iż przez niedbalstwo nie wysłano na czas z Anglii przygotowanych już ważnych rozkazów. Zlecały one jednej armii brytyjskiej marsz z Kanady na południe w celu spotkania się pod Saratogą z drugą armią brytyjską, maszerującą od Nowego Jorku. Rozkazy nie dotarły na czas i w rezultacie wojska Burgoyne'a doznały straszliwej klęski, której można było uniknąć przy dobrze pomyślanym systemie dwukierunkowego przesyłania wiadomości. Wynika z tego, że ludzie kierujący państwem, uniwersytetem czy spółką akcyjną powinni uczestniczyć w dwukierunkowym przesyłaniu wiadomości, nie zaś tylko w jednokierunkowym. Inaczej bowiem mogłoby się okazać, że zasady swego działania opierają na całkowicie błędnym wyobrażeniu o faktach, którymi dysponują ich podwładni. Podobnie dla wykładowcy trudno o bardziej kłopotliwą sytuację niż przemawianie do słuchaczy, którzy w najmniejszym stopniu nie reagują na jego słowa. Istotnym z punktu widzenia aktora celem oklasków w teatrze jest wprowadzenie pewnej formy dwukierunkowego przekazywania wiadomości.

Problem sprzężenia zwrotnego w społeczeństwie ma wielkie znaczenie dla socjologa i etnologa. Systemy komunikowania się w społeczeństwie są bardzo różnorodne. Istnieją takie społeczności, jak Eskimosi, gdzie, jak się wydaje, nie ma wodzów. Stopień podporządkowania jednych drugim jest w tym wypadku bardzo niewielki, tak że podstawą społeczności jest po prostu wspólne pragnienie utrzymania się przy życiu w nader niekorzystnych warunkach klimatycznych i żywnościowych. Są społeczności tak rozwarstwione, jak w Indiach, gdzie możliwości komunikowania się jednostek pomiędzy sobą są bardzo ograniczone i określone przez ich pochodzenie i stanowisko społeczne. Są społeczności rządzone przez despotów, gdzie wszelki stosunek pomiędzy dwoma poddanymi jest czymś wtórnym wobec stosunku pomiędzy poddanym a władcą. Istnieją zhierarchizowane społeczności feudalne suwerenów i wasali wraz ze swoistą, właściwą im, techniką kontaktów społecznych.

Większość z nas w Stanach Zjednoczonych woli żyć w społeczności dość luźno zorganizowanej, gdzie zapory we wzajemnym komunikowaniu się jednostek i klas nie są zbyt wielkie. Nie twierdzę, że ten ideał porozumiewania się został w Stanach Zjednoczonych osiągnięty. Dopóki przekonanie o wyższości rasy białej nie przestanie być wiarą obowiązującą w znacznej części kraju, ideał ten będzie tylko ideałem. Ale nawet ta ograniczona i bezkształtna demokracja wydaje się zbyt archaiczna dla wielu tych, którzy za główny cel stawiają sobie skuteczność działania. Owi czciciele skuteczności działania pragną, żeby każdy człowiek poruszał się po orbicie społecznej wyznaczonej mu od dzieciństwa i wykonywał funkcję, do której byłby przywiązany tak, jak chłop pańszczyźniany do ziemi. W społeczeństwie amerykańskim jest rzeczą kompromitującą żywić takie pragnienia i odrzucać możliwości, jakie przed jednostką otwiera jej, skądinąd niepewna, przyszłość. Dlatego też niejednym z najgorętszych zwolenników trwałego przydziału funkcji społecznych byłby zakłopotany, gdyby musiał się do takich poglądów przyznać publicznie. Mogą oni dawać wyraz swym upodobaniom jedynie w działaniu. Lecz działanie to mówi samo za siebie. Szef przedsiębiorstwa, który oddziela się od pracowników murem potakiwaczy, lub kierownik laboratorium, który każdemu ze swych podwładnych przydziela odrębny problem, skąpi mu przywileju samodzielnego myślenia, uniemożliwia wybiegnięcie myślą poza granice wąskiego zagadnienia i zrozumienie jego ogólniejszego znaczenia - obaj dowodzą swym postępowaniem, że demokracja, której formalnie wyrażają szacunek, nie jest w istocie tym ustrojem, w którym chcieliby żyć. Uregulowany z góry przydział funkcji przywodzi na myśl leibnizowskie automaty, nie zaś nieuchronne, właściwe doli człowieka posuwanie się ku niezdeterminowanej przyszłości.

W społeczeństwie mrówek każda robotnica wykonuje własne określone funkcje. Może tam również istnieć odrębna kasta żołnierzy. Niektóre wysoko wyspecjalizowane osobniki pełnią funkcję króla i królowej. Gdyby człowiek przyjął tę społeczność za wzór, musiałby żyć w faszystowskim państwie, gdzie - w koncepcji idealnej - każda jednostka od urodzenia przeznaczona jest do właściwego sobie zawodu: gdzie władcy są ciągle władcami, żołnierze żołnierzami, chłop nigdy niczym więcej jak chłopem, a robotnik jest skazany na to, aby zawsze być robotnikiem.

Celem tego rozdziału jest wykazanie, iż dążenie faszystów do stworzenia państwa opartego na wzorze społeczności mrówek wynika z głębokiego niezrozumienia natury zarówno człowieka, jak i mrówki. Pragnę udowodnić, iż sam fizyczny rozwój owada sprawia, że jest on istotą nierozumną i nie uczącą się, i wtłacza go w formę, której nie można wiele zmienić. Chcę też wykazać, jak te warunki fizjologiczne czynią z owada tani produkt masowy, o wartości indywidualnej nie większej niż tekturowy talerzyk wyrzucany po jednorazowym użyciu. Z drugiej strony, pragnę dowieść, że istota ludzka, zdolna do uczenia się na szeroką skalę i do studiowania, co może jej zająć niemal pół życia, jest - w przeciwieństwie do mrówki - fizycznie przygotowana do tych zadań. Różnorodność i możliwość dostosowywania się z natury rzeczy tkwią w ludzkim mózgu i stanowią klucz do najszlachetniejszych wlotów człowieka, ponieważ cechują one samą strukturę ludzkiego organizmu.

Jakkolwiek jest rzeczą możliwą zrezygnowanie z tej olbrzymiej przewagi, którą mamy nad mrówkami, i zorganizowanie ludzi w faszystowskie państwo oparte na wzorach mrówek, to jestem mocno przekonany, iż byłoby to poniżeniem natury ludzkiej, a z ekonomicznego punktu widzenia byłoby marnotrawstwem tych wielkich wartości, które człowiek posiada. Według mojego przekonania społeczność ludzka jest czymś znacznie bardziej pożytecznym niż społeczność mrówek, i jeśli istota ludzka skazana jest na wyłączne wykonywanie stale tych samych funkcji, to nie będzie nawet dobrą mrówką, nie mówiąc o tym, że nie będzie dobrym człowiekiem. Ci, którzy pragnęliby zorganizować nas na zasadzie stałych funkcji indywidualnych oraz stałych ograniczeń nakładanych na jednostki, skazaliby ludzkość na poruszanie się w tempie dużo wolniejszym niż to, co się nazywa „półparą naprzód”. Przekreślając prawie wszystkie ludzkie, możliwości, a ograniczając sposoby naszego dostosowywania się do przyszłych ewentualności, zmniejszają oni nasze szanse względnie długiego istnienia na ziemi.

Wróćmy teraz do omówienia tych ograniczeń w budowie mrówki, które sprawiły, że społeczność ich jest czymś bardzo swoistym. Ograniczenia te mają swe źródło tkwiące głęboko w anatomii i fizjologii pojedynczego owada. Zarówno owad, jak i człowiek oddychają powietrzem i reprezentują końcowe etapy długiej ewolucji, od względnie łatwego życia w wodzie do stawiającego znacznie większe wymagania życia na ziemi. To przejście z wody na ląd, bez względu na to, kiedy nastąpiło, pociągnęło za sobą radykalne ulepszenia w sposobie oddychania, w krążeniu, w mechanicznym wzmocnieniu organizmu oraz w narządach zmysłów.

Mechaniczne wzmocnienie ciał zwierząt lądowych postępowało kilkoma niezależnymi od siebie drogami. W przypadku większości skorupiaków, a także niektórych innych grup, które - choć z nimi nie spokrewnione - przybrały na ogół formy przypominające skorupiaki i część ich zewnętrznej powierzchni wydziela martwą, wapniejącą tkankę, jaką jest skorupa. Powiększa się ona przez narastanie od wczesnego stadium rozwoju zwierzęcia aż do końca jego życia. Ten proces narastania tłumaczy całkowicie spiralne i kielichowe formy skorup.

Jeżeli skorupa ma być dostateczną ochroną, a zwierzę w późniejszych stadiach rozwoju znacznie się rozrasta, to musi być ona bardzo ciężka i nadaje się tylko dla tych zwierząt lądowych, które - jak ślimak - poruszają się powoli i prowadzą mało czynny tryb życia. U innych zwierząt tej kategorii skorupa jest lżejsza, stanowi mniejsze obciążenie, ale też daje dużo słabszą osłonę. U zwierząt

ładowych skorupa, ze względu na znaczne obciążenie mechaniczne, może liczyć tylko na skromne powodzenie.

Człowiek reprezentuje inny kierunek rozwoju, typowy dla wszystkich kręgowców, w pewnym stopniu zaznaczony u tak wysoko rozwiniętych bezkręgowców, jak limulus i ośmiornica. We wszystkich tych formach pewne wewnętrzne części tkanki łącznej zmieniają swą budowę z włóknistej na rodzaj twardej, sztywnej galarety. Części te nazywamy *chrząstkami*; służą one jako zaczepy dla silnych mięśni potrzebnych zwierzęciu do prowadzenia aktywnego trybu życia. U wyższych kręgowców ten pierwotny szkielet chrząstkowy służy za tymczasowe rusztowanie dla szkieletu ze znacznie twardszej substancji, a mianowicie kości, która jeszcze lepiej nadaje się jako zaczep dla silnych mięśni. Szkielety te, zarówno chrząstkowe, jak i kostne, zawierają wiele tkanki, która w ścisłym sensie tego słowa nie jest żywa, lecz w całej masie tkanki międzykomórkowej istnieje żywa struktura z komórek oraz odżywczych naczyń krwionośnych.

U kręgowców rozwinęły się nie tylko szkielety wewnętrzne, lecz także inne organy ułatwiające aktywny tryb życia. Ich układ oddechowy - oskrzela czy też płuca - jest wspaniale dostosowany do aktywnego wymieniania tlenu pomiędzy środowiskiem zewnętrznym a krwią; ta ostatnia zaś spełnia swe zadanie znacznie lepiej niż krew przeciętnych bezkręgowych przez to, że pigment przenoszący tlen skoncentrowany jest w ciałkach krwi. Krew ta jest rozpompowywana w zamkniętym układzie naczyń, nie zaś w otwartym układzie nieregularnych zatok, przez odznaczające się wysoką sprawnością serce.

Owady i skorupiaki, a właściwie wszystkie stawonogi, dostosowane są do zupełnie innego sposobu rośnięcia. Ciało ich od zewnątrz otoczone jest warstwą chityny wydzielanej przez komórki naskórka. Chityna jest to sztywna substancja dość blisko spokrewniona z błonnikiem. Wokół stawów warstwa chityny jest cienka i względnie giętka, lecz wszędzie indziej zamienia się w taki twarde szkielet zewnętrzny, jaki widzimy u krabów i karaluchów. Szkielet wewnętrzny, taki jak u człowieka, może rosnąć razem ze zwierzęciem. Nie może natomiast rosnąć szkielet zewnętrzny (o ile nie narasta jak muszla ślimaka), jest bowiem tkanką martwą, która nie ma własnej zdolności wzrastania. Służy ona za mocną osłonę ciała i za zaczep dla mięśni, będąc jednocześnie kaftanem bezpieczeństwa.

U stawonogów wzrost wewnętrzny może się zamienić na zewnętrzny jedynie przez zrzucenie starego „kaftana bezpieczeństwa” i przez wytworzenie pod nim nowego, który początkowo jest miękki i giętki, a więc może przybrać kształt trochę odmienny i większy, ale wkrótce potem nabiera twardości swego poprzednika. Innymi słowy, etapy wzrostu zaznaczają się określonymi przemianami, dość częstymi u skorupiaków, a znacznie rzadszymi u owadów, W stadium larwalnym możliwych jest kilka takich etapów. Stadium poczwarki reprezentuje przemianę przejściową, w czasie której skrzydła, nie istniejące w formie funkcjonalnej, u gąsienicy rozwijają się wewnętrznie, aż dojdą do formy funkcjonalnej. Następuje to w przedostatnim etapie poczwarki; przemiana, która go kończy, daje w wyniku owada w pełni dojrzałego, który już nie podlega żadnym przemianom. Znajduje się on w fazie płciowej, i jakkolwiek w większości przypadków może pobierać pokarm, to są owady, które w fazie dojrzałej mają części gębowe i kanał trawienny w postaci poronnej, tak że *imago*, jak się takiego owada nazywa, może tylko spełnić funkcję płciową, złożyć jajka i umrzeć.

System nerwowy uczestniczy w tym procesie niszczenia i odbudowy. Pewne dane wskazują, że trochę pamięci utrzymuje się od okresu gąsieniczego aż do stadium imago, lecz pamięć ta nie może być zbyt pojemna. Jak się wydaje, *fizjologicznym warunkiem zapamiętywania, a zatem i uczenia się, jest pewna ciągłość organizacji, która umożliwia to, że zmiany spowodowane zewnętrznymi wrażeniami zmysłowymi utrzymywane są jako mniej czy więcej trwałe przekształcenia struktury lub funkcji.* Metamorfoza jest zbyt daleko posunięta, by mogła zostawić wiele trwałych śladów takich

przekształceń. Trudno sobie nawet wyobrazić jakąś precyzyjniejszą pamięć, która mogłaby przetrwać ten proces radykalnej przebudowy wewnętrznej .

Innymi ograniczeniami rozwoju owadów jest sposób oddychania i forma krwiobiegu. Serce owada jest wątłą i słabą strukturą kanalikową, która łączy się nie z wyraźnie wydzielonymi naczyniami krwionośnymi, lecz ze słabo zarysowanymi jamami i zatokami przenoszącymi krew do tkanek. Krew ta nie posiada ciałek pigmentowych, lecz zawiera pigmenty krwi w formie roztworu. Ten sposób przenoszenia tlenu wydaje się zdecydowanie ustępować utlenianiu za pośrednictwem ciałek krwi.

Ponadto właściwy owadom sposób utleniania tkanek wykorzystuje co najwyżej krew miejscową. Ciało owada zawiera układ rozgałęzionych kanalików, przenoszących powietrze wprost z zewnątrz do tkanek, które winny być utlenione. Kanaliki te zabezpieczone są przed zapadnięciem się przy pomocy spiralnych włókien chityny, ale nic nie wskazuje na to, by istniał jakiś czynny i skutecznie działający system pompowania powietrza. Oddychanie odbywa się jedynie przez dyfuzję.

Zauważyć należy, że te same kanaliki przenoszą z zewnątrz świeże powietrze oraz na zewnątrz powietrze zużyte, zanieczyszczone dwutlenkiem węgla. W mechanizmie dyfuzji czas dyfuzji jest zależny nie od długości kanału, lecz od kwadratu jego długości, wobec czego - biorąc ogólnie - wydajność tego systemu maleje bardzo gwałtownie przy zwiększeniu rozmiarów zwierzęcia, i dla wszelkich większych istot spada poniżej poziomu zapewniającego życie zwierzęcia. Tak więc owady są nie tylko strukturalnie niezdolne do posiadania sprawnej pamięci, lecz także są strukturalnie niezdolne do posiadania znacznie większych rozmiarów.

Aby lepiej pojąć znaczenie tego ograniczenia rozmiarów, porównajmy dwie struktury sztuczne – chatę i drapacz chmur. Wentylacja chaty może się z powodzeniem ograniczyć do przewiewu przez szpary okienne, nie mówiąc już o ciągu powietrza przez komin. Zbędny jest jakkolwiek specjalny system wentylacyjny- W drapaczu chmur natomiast, wobec istnienia w nim pokoiów całkowicie otoczonych innymi pokojami, wyłączenie systemu wentylacyjnego, polegającego na wtłaczaniu powietrza, doprowadziłoby w ciągu kilku minut do zaduchu nie do zniesienia. Dyfuzja, a nawet kierowanie powietrza kanałami wentylacyjnymi nie wystarczają do przewietrzenia takiej budowli.

Absolutne, maksymalne rozmiary owada są mniejsze niż rozmiary, jakie może osiągnąć kręgowiec. Z drugiej strony, ostateczne elementy, z jakich składa się owad, nie zawsze są mniejsze niż u człowieka czy nawet wieloryba. System nerwowy jest odpowiednio małych rozmiarów, a jednak składa się z neuronów nie wiele mniejszych niż w mózgu ludzkim, jakkolwiek jest ich znacznie mniej, a ich struktura jest o wiele prostsza. Co się tyczy inteligencji, powinniśmy oczekiwać, że rolę odgrywają nie tylko względne rozmiary systemu nerwowego, lecz w znacznym stopniu także jego wielkość absolutna. Wobec małych rozmiarów owada nie ma po prostu miejsca ani na bardzo złożony system nerwowy, ani na wielką pojemność pamięci.

Wobec niemożności posiadania pamięci o dużej pojemności oraz wobec faktu, że młodość owada takiego, jak mrówka, jest oddzielona od fazy dojrzałości wstrząsem metamorfozy, nie ma on sposobności nauczenia się wiele. Do tego trzeba dodać, że w fazie dojrzałości zachowanie się mrówki musi być bezbłędne od samego początku; z tego wniosek, że instrukcje otrzymywane przez system nerwowy owada muszą być wynikiem budowy tego systemu, nie zaś doświadczenia osobniczego. Tak więc owad przypomina raczej maszynę liczącą, której instrukcje są z góry podane i która prawie nie posiada mechanizmu sprzężenia zwrotnego, jaki by mógł kierować jej zachowaniem się wobec niepewnych przyszłych wydarzeń. Zachowanie się mrówki jest o wiele bardziej sprawą instynktu niż inteligencji. *Fizyczny „kaftan bezpieczeństwa”, w którym owad wyrasta, ponosi bezpośrednią odpowiedzialność za umysłowy „kaftan bezpieczeństwa” regulujący jego wzory zachowania się.*

Czytelnik może tu zauważyć: „Wiemy już, że mrówka jako osobnik nie jest zbyt inteligentna, po co więc te wyjaśnienia, dlaczego nie może być inteligentna?” Odpowiedź jest następująca: *cybernetyka twierdzi, iż struktura maszyny lub organizmu jest wskaźnikiem tego, co ta maszyna lub ten organizm może dokonać*. Fakt, że mechaniczna nieelastyczność owada ogranicza jego inteligencję, podczas gdy mechaniczna elastyczność istoty ludzkiej zapewnia jej prawie nieograniczoną ekspansję intelektualną, ma wielkie znaczenie z punktu widzenia niniejszej książki. Biorąc rzecz teoretycznie, gdybyśmy potrafili zbudować maszynę, której struktura mechaniczna byłaby powtórzeniem fizjologii człowieka, wówczas mielibyśmy maszynę, której możliwości intelektualne byłyby powtórzeniem możliwości intelektualnych istot ludzkich.

Co się tyczy nieelastyczności zachowania się, to największym przeciwieństwem mrówki nie jest ssak w ogóle, ale w szczególności właśnie człowiek. Wielokrotnie już zauważono, że człowiek jest formą neoteniczną. Znaczy to, że jeśli porównamy go z wielkimi małpami, jako jego najbliższymi krewnymi, stwierdzimy, że człowiek dojrzały pod względem uwłosienia, głowy, kształtu, proporcji ciała, budowy kości, mięśni i tak dalej przypomina bardziej małpiego noworodka niż małpę dorosłą. Wśród zwierząt człowiek jest Piotrusiem Panem<sup>6</sup>, który nigdy nie stał się dorosłym.

Ta niedojrzałość budowy anatomicznej odpowiada długiemu dzieciństwu człowieka. Z fizjologicznego punktu widzenia człowiek staje się dojrzały dopiero po upływie jednej piątej swego normalnego czasu życia. Porównajmy go z myszą, która żyje trzy lata, a zaczyna się rozmnażać pod koniec trzeciego miesiąca; odpowiedni stosunek wynosi tu dwanaście do jednego i jest o wiele bardziej typowy dla znacznej większości ssaków niż stosunek właściwy gatunkowi ludzkiemu.

Fizjologiczna dojrzałość dla większości ssaków oznacza koniec okresu przebywania pod opieką rodziców, a nawet następuje dość długo po ustaniu tej opieki. W naszym społeczeństwie człowiek uchodzi za niedojrzałego, dopóki nie skończy dwudziestu jeden lat. Okres kształcenia się, w przypadku zawodów wymagających wyższych kwalifikacji, trwa mniej więcej do lat trzydziestu, a zatem przekracza okres największej siły fizycznej. Tak więc człowiek około czterdziestu procent swego normalnego życia spędza na uczeniu się, właśnie z przyczyn wynikających z jego budowy fizycznej. Dla społeczeństwa ludzkiego oparcie bytu na uczeniu się jest równie naturalne, jak dla społeczeństwa mrówek oparcie go na odziedziczonym wzorze.

Jak wszystkie inne organizmy, człowiek żyje w świecie różnych możliwości. Jego przewaga nad resztą przyrody polega na tym, że ma on fizjologiczne, a więc i intelektualne sposoby dostosowywania się do drastycznych nawet zmian środowiska, w którym żyje. Gatunek ludzki jest silny tylko o tyle, o ile wykorzystuje swe wrodzone zdolności przystosowywania się i uczenia, zdolności, które daje mu jego struktura fizjologiczna.

Jak już wskazywałem, skuteczność działania zapewnić mogą informacje dostarczone w procesie sprzężenia zwrotnego, a wskazujące, czy cel został osiągnięty. Najprostsze sprzężenia zwrotne informują w sposób elementarny o sukcesie lub niepowodzeniu działania, na przykład, czy udało nam się pochwycić przedmiot, który chcieliśmy wziąć w rękę, lub czy straż przednia armii znalazła się na oznaczonym miejscu w oznaczonym czasie. Są jednak inne, bardziej wyrafinowane formy sprzężenia zwrotnego.

Często konieczna jest wiadomość, czy cała linia postępowania - można by ją nazwać strategią - jest skuteczna czy nie. Zwierzę, które uczymy przebiegać przez labirynt tak, aby znalazło pożywienie lub unikało uderzeń prądu elektrycznego, musi mieć zdolność zapamiętania, czy ogólny plan wędrówki

---

<sup>6</sup> Bohater popularnych w Ameryce i znanych w Polsce książek J. M. Barrie'go - *Piotruś Pan* i *Przygody Piotrusia Pana*. (Przyp. red.)

po labiryncie był w sumie udany czy też nie, musi też umieć zmieniać ten plan, aby sprawnie przechodzić przez labirynt. Ta forma uczenia się jest na pewno sprzężeniem zwrotnym wyższego rzędu, dotyczącym nie tylko prostych czynności, lecz całej strategii postępowania. Różni się ona od elementarnych sprzężeń zwrotnych tym, co Bertrand Russell określiłby „typem logicznym”.

Ten wzór zachowania się można również zaobserwować w maszynach. Niedawne ulepszenie techniki łączenia telefonicznego pozwala przeprowadzić ciekawą analogię między mechanizmem a zdolnościami przystosowawczymi człowieka. W całym przemyśle telefonicznym łączenie automatyczne szybko wypiera łączenie ręczne, i mogłoby się wydawać, że istniejące systemy łączenia automatycznego są niemal doskonałe. Wystarczy jednak chwila zastanowienia, aby sobie uświadomić, że obecna technika wiąże się z wielkim marnotrawstwem urządzeń. Ilość osób, z którymi pragnę rozmawiać przez telefon, jest ograniczona; ponadto jest to na ogół stale ta sama grupa ludzi. Urządzeń telefonicznych używam przeważnie po to, żeby się komunikować z członkami tej grupy. Otóż przy obecnej technice łączenia proces porozumienia się z osobami do których dzwonię cztery czy pięć razy dziennie, zupełnie nie różni się od procesu ewentualnego porozumienia się z osobą, z którą możemy w ogóle nigdy nie rozmawiać. Z punktu widzenia równomierności obciążenia sieci telefonicznej albo używam za mało urządzeń do uzyskania częstych połączeń, albo za dużo do uzyskania bardzo rzadkich połączeń. Przypomina to poemat Olivera Wendella Holmesa o jednokonnej bryczce: ten dziwny pojazd, jak zapewne pamiętacie, był zbudowany tak przemyślnie, iż po stu latach pracy żadna jego część - ani koła, ani buda, ani dyszle, ani siedzenia - nie była mniej zużyta od innej. Bryczka ta jest zabawnym pomysłem, lecz reprezentuje szczyt techniki konstrukcyjnej. Gdyby obręcze przetrwały choć moment dłużej niż szprychy, a błotnik dłużej niż dyszle, oznaczałoby to zmarnowanie się pewnych wartości ekonomicznych. Można by te wartości albo zmniejszyć bez naruszenia czasu trwałości pojazdu jako całości, albo też rozłożyć równomiernie na inne części, tak aby cały pojazd przetrwał dłużej. Ściśle biorąc, świadczy o marnotrawstwie wszystko, co nie jest zbudowane tak, jak ta bryczka O. W. Holmesa.

Z powyższego wynika, że dla największej ekonomii usług nie jest rzeczą pożądaną, by proces mojego łączenia się z p. A., do którego dzwonię trzy razy dziennie, i z p. B., który jest dla mnie jedynie pozycją w książce telefonicznej, był tego samego rzędu. Gdyby sposób mojego łączenia się z p. A był tylko nieco krótszy, wyrównywałoby to z nadatkami podwojenie czasu oczekiwania na połączenie z p. B. Gdyby więc okazało się możliwe zbudowanie bez nadmiernych kosztów aparatu, który by rejestrował moje dotychczasowe rozmowy telefoniczne (tj. rozmowy z mojego aparatu - O.W.) i przydzielał mi proces obsługi odpowiadający częstotliwości używania w przeszłości danych połączeń, uzyskałbym obsługę lepszą lub tańszą, lub i lepszą, i tańszą. Philips Lamp Company w Holandii rozwiązała ten problem pomyślnie. Jakość obsługi została ulepszona dzięki sprzężeniu zwrotnemu, należącemu do russellowskiego „wyższego typu logicznego”. Urządzenie to może działać w sposób bardziej różnorodny i lepiej dostosowywać się do warunków pracy, a ponadto lepiej od urządzeń typu tradycyjnego radzi sobie z tendencją do entropii, sprawiającą, iż to, co jest bardziej prawdopodobne, bierze górę nad tym, co jest mniej prawdopodobne.

Powtarzam, sprzężenie zwrotne jest metodą kontrolowania danego systemu przez wprowadzenie do niego wyników jego poprzedniego działania. Jeśli wyniki te są używane jedynie jako dane liczbowe, służące do oceny działania systemu i jego samosterowania, mamy do czynienia ze zwykłym sprzężeniem zwrotnym stosowanym przy kontroli technicznej. Jeśli jednak informacja o działaniu danego systemu zdolna jest zmienić jego wzór i ogólną metodę, mamy wówczas do czynienia z procesem, który można nazwać uczeniem się.

Inny przykład procesu uczenia się spotykamy przy projektowaniu maszyn przewidujących. Na początku drugiej wojny światowej względna nieskuteczność artylerii przeciwlotniczej pociągnęła za

sobą konieczność wprowadzenia aparatów, które by śledziły położenie samolotu, obliczały odległość, w jakiej on się znajduje, ustalały czas, w jakim pocisk może osiągnąć samolotu, i obliczały, gdzie samolot będzie się znajdował po upływie tego właśnie czasu. Gdyby samolot mógł stosować całkowicie dowolne uniki, nawet największa biegłość nie umożliwiłaby ustalenia jego ruchu w czasie pomiędzy odpaleniem działa a momentem, w którym pocisk znalazłby się w pobliżu celu. Ale w wielu okolicznościach pilot albo nie ucieka się, albo nie może się uciec do takich dowolnych uników. Ogranicza go bowiem siła odśrodkowa, która przy wykonywaniu gwałtownego zwrotu może go pozbawić przytomności; również mechanizm sterowania samolotu oraz otrzymane przeszkolenie narzucają mu pewne nawyki, które przejawiają się nawet w czasie stosowania uników. Te prawidłowości nie są absolutne - jest to raczej zwiększone prawdopodobieństwo statystyczne, przejawiające się prawie zawsze. Prawdopodobieństwo to może być różne dla różnych pilotów, a na pewno jest różne dla różnych typów samolotów. Pamiętajmy, że pościg za celem poruszającym się tak szybko, jak samolot nie pozostawia czasu na wyjmowanie instrumentów i obliczanie, gdzie samolot będzie się znajdował za chwilę. Całość obliczenia musi być dokonana przez urządzenie kierujące ogniem działa. Obliczanie to musi się także opierać na danych wynikających z dotychczasowego statystycznego doświadczenia z samolotami określonych typów w różnorodnych warunkach lotu. W obecnym stadium kierowanie ogniem artylerii przeciwlotniczej polega na posługiwaniu się aparatem, który wykorzystuje albo stały zespół danych tego rodzaju, albo też dane wybrane z tego zespołu. W tym drugim przypadku o odpowiednim wyborze danych może rozstrzygnąć świadome działanie obsługi działa.

Jest również inny aspekt, inne stadium problemu kierowania, które da się rozwiązać na drodze automatyzacji: ustalenie na podstawie obserwacji i statystyki lotu określonego typu samolotu, a następnie przekształcenie tych danych w zasady kierowania działem; jest to określony problem matematyczny. W porównaniu ze śledzeniem ruchu samolotu na podstawie z góry danych reguł jest to proces stosunkowo powolny i wymagający wielu obserwacji lotów danego samolotu w przeszłości. Jest jednak możliwe zmechanizowanie zarówno długotrwałego procesu obserwacji, jak i krótkotrwałego procesu celowania. Możemy więc zbudować dział przeciwlotnicze, które by samo prowadziło statystyczne obserwacje lotu samolotu będącego celem, uwzględniało te obserwacje w systemie kierowania ogniem i wykorzystywało wreszcie ten system do szybkiego uzgodnienia własnego położenia z zaobserwowanym położeniem i ruchem samolotu.

O ile mi wiadomo, nie zostało to jeszcze dokonane, lecz problem leży w sferze naszych rozważań i zamierzamy wykorzystać go przy innych zagadnieniach dotyczących przewidywania. Dostosowanie ogólnego planu prowadzenia ognia do konkretnego systemu ruchów wykonywanych przez dany cel jest w zasadzie aktem uczenia się. Jest to zmiana programowania (*taping'u*) mechanizmu liczącego, która przekształca nie tyle dane liczbowe, co zasady ich interpretacji. Mamy więc w tym wypadku bardzo ogólny rodzaj sprzężenia zwrotnego, wywierającego wpływ na całe zachowanie się instrumentu.

Omawiany tutaj zaawansowany proces uczenia się ograniczony jest przez mechaniczne warunki działania systemu, w którego obrębie proces ten przebiega, i w związku z tym na pewno nie odpowiada normalnemu procesowi uczenia się zachodzącemu u ludzi. Analizując jednak ten proces możemy wnioskować o rozmaitych możliwych sposobach zmechanizowania złożonych form uczenia się. Wskazówki w tej mierze daje nam teoria skojarzeń Locke'a i teoria odruchów warunkowych Pawłowa. Zanim jednak podejmę ten temat, pragnę przedstawić parę uwag natury ogólnej, aby uprzedzić ewentualne zarzuty.

Przypomnę najpierw podstawę, na której można rozwinąć teorię uczenia się. Olbrzymia większość prac wykonanych przez neurofizjologów dotyczyła przewodzenia bodźców przez włókna nerwowe,



czyli neurony, przy czym proces ten zaliczono do zjawisk typu „wszystko lub nic”. Znaczący to, że jeżeli bodziec osiągnie pewną moc progową i zacznie wędrować po włóknie nerwowym, nie wygasając na stosunkowo krótkiej przestrzeni, to skutek, jaki wywoła w dość odległym punkcie włókna nerwowego, jest w zasadzie niezależny od początkowej mocy bodźca.

Te bodźce nerwowe przenoszą się z włókna na włókno poprzez połączenia zwane synapsami, w których jedno włókno wchodzące może się łączyć z wieloma włóknami wychodzącymi. W synapsach tych bodziec przekazany przez pojedyncze włókno wchodzące często nie wystarcza do wywołania bodźca wychodzącego. Na ogół, jeżeli bodźców, docierających do danego włókna wychodzącego poprzez połączenie synaptyczne, jest zbyt mało, to nie reaguje ono. Mówiąc „zbyt mało” nie mam na myśli, że wszystkie włókna wchodzące działają jednakowo, ani nawet że dla jakiegokolwiek zbioru czynnych, wchodzących połączeń synaptycznych zagadnienie, czy włókno wychodzące zareaguje czy nie, da się rozstrzygnąć raz na zawsze. Nie zamierzam pomijać faktu, że niektóre włókna wchodzące, zamiast wywoływać bodźce we włóknach wychodzących, z którymi się łączą, mogą uniemożliwić tym włóknom przyjmowanie nowych bodźców.

Podczas gdy przewodzenie impulsów przez włókno można opisać w dość prosty sposób, jako zjawisko oparte na zasadzie „wszystko lub nic”, sprawa przekazania bodźca poprzez warstwę połączeń synaptycznych zależy od zawiłego systemu reakcji, w których pewne kombinacje włókien wchodzących, pobudzone w pewnym określonym czasie, sprawiają, że wiadomość przenoszona jest dalej, a pewne inne kombinacje nie dają tego efektu. Kombinacje te nie są ustalone raz na zawsze, a nawet nie zależą wyłącznie od impulsów otrzymanych przez daną warstwę synaptyczną w przeszłości. Wiadomo, że zmieniają się one zależnie od temperatury, a może również w zależności od wielu innych czynników.

Ten pogląd na system nerwowy odpowiada teorii maszyn składających się z szeregu przełączników, gdzie otwarcie dalszego przełącznika zależy od działania ściśle określonych kombinacji przełączników do niego prowadzących, które otwierają się w tym samym czasie. Taką maszyną działającą na zasadzie „wszystko lub nic” nazywamy maszyną cyfrową. Posiada ona wielkie zalety przy rozwiązywaniu problemów z zakresu porozumiewania się i kierowania. Zwłaszcza ostrość decyzji pomiędzy „tak” i „nie” pozwala na nagromadzenie informacji w sposób umożliwiający uchwycenie drobnej różnicy pomiędzy bardzo dużymi liczbami.

Oprócz maszyn opartych na zasadzie „wszystko lub nic” istnieją inne maszyny, które raczej mierzą, niż liczą. Znane są one jako maszyny analogowe, gdyż działają na zasadzie związków analogicznych pomiędzy wielkościami mierzonymi a wielkościami liczbowymi, które je mają reprezentować. Za przykład maszyny analogowej może służyć suwak, w przeciwieństwie do arytmometru, działającego na zasadzie cyfrowej. Kto posługiwał się suwakiem, wie, że skala z podziałką oraz dokładność naszego oka stawiają wyraźne granice precyzji, z jaką można odczytywać wyniki podawane przez suwak. Wbrew temu, co by się mogło wydawać, granic tych nie zmienia się łatwo przez samo nadanie suwakowi większych rozmiarów. Trzymetrowy suwak daje wyniki tylko o jedno miejsce dziesiętne dokładniejsze niż suwak trzydziestocentymetrowy, a w celu osiągnięcia takiego zwiększenia dokładności każde trzydzieści centymetrów dużego suwaka musi być wykonane z taką samą precyzją, jak mały suwak. Ponadto trudności zapewnienia dużemu suwakowi odpowiedniej sztywności są znacznie większe niż w przypadku małego suwaka i ograniczają wzrost dokładnością, jaką uzyskujemy wraz ze zwiększeniem rozmiarów. Innymi słowy, z praktycznego punktu widzenia, maszyny, które mierzą, w porównaniu z maszynami, które liczą, mają bardzo ograniczony stopień precyzji. Jeśli dodać do tego zamiłowanie fizjologa do zasady „wszystko lub nic”, to zrozumiemy, dlaczego większość prac dokonanych w związku z mechanicznymi naśladownictwami mózgu związana jest z maszynami w większym lub mniejszym stopniu działającymi na zasadzie cyfrowej.

Jeżeli jednak będziemy zbyt silnie podkreślać, że mózg jest znakomitą maszyną cyfrową, spotkamy się z bardzo słuszną krytyką, pochodzącą częściowo od fizjologów, a częściowo z przeciwnego obozu - od tych psychologów, którzy wolą unikać porównań z maszynami. Jak powiedziałem, maszyna cyfrowa ma program, który określa kolejność wykonywanych operacji, a zmiana w tym programie wprowadzana na podstawie ubiegłego doświadczenia odpowiada procesowi uczenia się. W mózgu najwyraźniejszą analogią programu jest ustalenie progów synaptycznych, określoność kombinacji neuronów wchodzących, które powodują, że neuron wychodzący, z nimi połączony, będzie przewodził bodziec. Widzieliśmy, że progi te zmieniają się w zależności od temperatury, i nie mamy powodów do przypuszczania, że nie mogą się one wahać zależnie od składu chemicznego krwi i od wielu innych zjawisk, które nie są oparte na zasadzie „wszystko lub nic”. Jest więc rzeczą konieczną, abyśmy przy rozważaniu problemu uczenia się byli jak najostrożniejsi w przyjmowaniu teorii głoszącej, że system nerwowy działa na zasadzie „wszystko lub nic”, bez dostatecznej teoretycznej krytyki tej koncepcji oraz bez odpowiedniego materiału doświadczalnego na jej poparcie.

Mówi się często, że żadnej teorii procesu uczenia się nie można w sposób sensowny stosować do maszyny. Mówi się też, że w obecnym stadium naszej wiedzy wszelka teoria uczenia się, jaką mogą sformułować, jest przedwczesna i prawdopodobnie nie będzie odpowiadać rzeczywistemu funkcjonowaniu systemu nerwowego. Pragnę zająć stanowisko pośrednie między obu tymi zarzutami. Z jednej strony, pragnąłbym podać metodę budowania maszyn uczących się metodą, która nie tylko umożliwi mi budowanie pewnych maszyn tego typu, lecz i określi ogólną technikę konstruowania podobnych maszyn bardzo wysokiej klasy. Dopiero osiągnięcie takiego stopnia ogólności umożliwi mi w pewnym stopniu odparowanie zarzutu, iż proces mechaniczny, który - jak twierdzą - jest podobny do uczenia się, jest w istocie czymś zasadniczo różnym od uczenia się.

Z drugiej strony, pragnę opisać takie maszyny za pomocą pojęć niezbyt odbiegających od języka opisującego system nerwowy oraz zachowanie się zwierząt i ludzi. Zdaję sobie w pełni sprawę z tego, że omawiając działanie mechanizmu ludzkiego na pewno mogę pomylić się w szczegółach, a nawet i co do samej zasady. Jeżeli jednak zdołam przedstawić urządzenie dające się opisać za pomocą pojęć właściwych opisowi mózgu i umysłu ludzkiego, stanowić to będzie punkt wyjścia do dyskusji oraz wzorzec, z którym będzie można porównywać wyniki uzyskane na podstawie innych teorii.

Pod koniec siedemnastego wieku Locke głosił, że treść umysłu stanowią *idee*. Umysł był dla niego czymś całkowicie biernym, czystą tablicą (*tabula rasa*), na której przeżycia jednostki zapisują wrażenia. Jeśli wrażenia występują często albo jednocześnie, w określonej kolejności czy w sytuacjach, które zwykle wiążemy ze skutkiem i przyczyną, wówczas według Locke'a wrażenia te lub idee utworzą idee złożone, których elementy posiadają pewną wyraźną skłonność do trzymania się razem. Mechanizm „trzymania się razem” tkwi w samych ideach. Jednak z pism Locke'a przebija szczególna niechęć do opisanego tego mechanizmu. Jego teoria wykazuje takiego rodzaju stosunek do rzeczywistości, jaki rysunek lokomotywy ma do lokomotywy w ruchu: jest to diagram, którego żadna część się nie porusza. Nie dziwi nas to, jeżeli weźmiemy pod uwagę datę powstania teorii Locke'a.

To właśnie w astronomii, a nie w technice ani w psychologii, po raz pierwszy zwrócono uwagę na dynamiczny punkt widzenia, punkt widzenia poruszających się części. Jest to zasługą Newtona, który nie był poprzednikiem Locke'a, lecz człowiekiem mu współczesnym.

Przez kilka wieków nauka, opanowana arystotelesowskim pędem do klasyfikowania, lekceważyła współczesne dążenia do badania sposobów funkcjonowania zjawisk. Trudno jednak sobie wyobrazić, by nauki biologiczne mogły wejść w fazę badań dynamicznych, jeśli nie zostało ukończone gromadzenie faktów opisujących historię przyrody. Wielki botanik Linneusz posłużył nam za przykład. Dla niego gatunki i rodzaje były ustalonymi formami arystotelesowskimi, nie zaś drogowskazami

w procesie ewolucji. Lecz dopiero na podstawie dokładnego opisu dokonanego przez Linneusza można było sformułować przekonujące argumenty na rzecz ewolucji. Pierwsi przyrodnicy byli ludźmi zdobywającymi nowe obszary dla ludzkiego poznania; zbyt zaabsorbowani zajęciem i utrzymaniem nowych terenów, nie mogli być zanadto drobiazgowi w podejściu do problemu wyjaśniania nowych form, jakie tam zaobserwowali. Jak po zdobywcy przychodzi osadnik, tak po przyrodniku z wczesnego okresu przychodzi badacz współczesny.

W ostatniej ćwierci ubiegłego i pierwszej bieżącego stulecia inny wielki uczyony, Pawłow, na swój sposób zbadał ten sam teren, który studiował przed nim Locke. Ale pawłowowskie studia nad odruchami warunkowymi miały charakter doświadczalny, nie zaś teoretyczny, jak w przypadku Locke'a. Ponadto zajął się on odruchami występującymi raczej u niższych zwierząt, a nie u ludzi.

Zwierzęta nie mówią językiem ludzkim, lecz językiem zachowania się. Większa część ich bardziej rzucającego się w oczy zachowania posiada motywację uczuciową, a większość ich emocji wiąże się z pożywieniem. Pawłow zaczął właśnie od pożywienia i od fizycznego objawu wydzielania śliny. Nietrudno jest wprowadzić kaniulę do przewodu ślinowego psa i obserwować wydzielanie się śliny pod wpływem obecności pożywienia.

Normalnie wiele rzeczy nie związanych z pożywieniem, jak na przykład przedmioty widziane lub dźwięki słyszane przez psa, nie wywiera wpływu na wydzielanie się śliny, lecz Pawłow zauważył, że jeżeli pewien obraz lub dźwięk występuje systematycznie w czasie karmienia psa, to później do wywołania saliwacji wystarczy wystąpienie samego obrazu lub dźwięku. Tak więc odruch wydzielania się śliny zostaje uwarunkowany poprzednimi skojarzeniami.

Mamy tu do czynienia - na poziomie odruchu zwierzęcia - z czymś analogicznym do koncepcji Locke'a o kojarzeniu idei: z kojarzeniem, jakie występuje w reakcjach odruchowych, których treść emocjonalna jest zapewne bardzo silnie zaznaczona. Zwróćmy uwagę na dość skomplikowany charakter okoliczności potrzebnych do wywołania odruchu warunkowego typu pawłowowskiego. Przede wszystkim koncentrują się one zwykle wokół czegoś ważnego dla życia zwierzęcia: w danym przypadku pożywienia, choć w ostatecznej postaci odruchu czynnik pożywienia może być całkowicie wyeliminowany. Możemy jednak zilustrować znaczenie początkowego bodźca w pawłowowskim odruchu warunkowym na przykładzie płotów elektrycznych otaczających farmę hodowlaną.

Na takich farmach zbudowanie płotów drucianych na tyle mocnych, by oparty się naporowi byka, nie jest łatwe. Posunięciem bardziej ekonomicznym jest zastąpienie ciężkiego płotu tego typu takim, którego stosunkowo cienkie druty przewodzą prąd wystarczająco silny do wywołania szoku, który następuje wówczas, gdy zwierzę dotykając drutu powoduje zwarcie. Raz i drugi byk może napierać na ogrodzenie, które później przestaje jednak pełnić funkcję mechanicznej przeszkody, bowiem u zwierzęcia wytwarza się odruch warunkowy, nakazujący mu unikanie kontaktu z płotem. Tutaj pierwotnym bodźcem, wyzwalającym powstanie odruchu, jest ból - a unikanie bólu ma podstawowe znaczenie dla utrzymania się zwierzęcia przy życiu. Wtórny zaś czynnikiem jest widok ogrodzenia. Oprócz głodu i bólu są jeszcze inne czynniki wyzwalające powstawanie odruchów warunkowych. Jednakże nie ma potrzeby stosowania tu języka antropomorficznego, określającego te odruchy jako sytuacje emocjonalne; opisujemy bowiem sytuacje określonej grupy zwierząt, nie znajdujące potwierdzenia w powszechnym doświadczeniu wszystkich zwierząt. Doświadczenia takie, czy nazwiemy je emocjonalnymi czy nie, prowadzą do powstawania silnych odruchów. Przy tworzeniu się odruchów warunkowych w ogóle reakcja odruchowa przekształca się w jeden z takich stanów pobudzenia. Stan zaś taki często powstaje jednocześnie z pierwotnym bodźcem bezwarunkowym. Zmiana bodźca wywołującego daną reakcję musi mieć odpowiednik w funkcjonowaniu systemu nerwowego, w postaci otwarcia prowadzącej do reakcji drogi synaptycznej, która normalnie byłaby

zamknięta, lub też zamknięcia otwartej drogi; zmiana ta w cybernetyce nazywa się zmianą *programowania*.

Taką zmianę w programowaniu poprzedza długotrwałe kojarzenie dawnego i silnego, naturalnego dla naszej reakcji bodźca z nowym bodźcem towarzyszącym. Jest to tak, jak gdyby dawny bodziec miał moc zmieniania przenikalności tych dróg, które przekazywały wiadomość w tym samym czasie, kiedy on działał. Interesującym momentem jest to, że nowy, aktywny bodziec nie podlega prawie żadnym z góry określonym warunkom poza tym, że musi wielokrotnie towarzyszyć bodźcowi pierwotnemu, który zatem - jak się wydaje - wywołuje długotrwały skutek na tych wszystkich drogach, które przekazywały wiadomość, a przynajmniej na znacznej liczbie tych dróg. Małe znaczenie tego, jaki jest bodziec zastępczy, wskazuje, że modyfikujący skutek bodźca pierwotnego ma szeroki zasięg i nie ogranicza się do kilku poszczególnych dróg. Zakładamy więc, że może istnieć jakiś rodzaj wiadomości o treści ogólnej, wyzwalanej przez bodziec pierwotny, lecz że działa on tylko na te drogi, które przekazywały wiadomość w czasie pojawienia się bodźca pierwotnego. Skutek tego działania nie jest może permanentny, lecz w każdym razie przynajmniej dosyć długotrwały. Najlogiczniejsze jest przypuszczenie, że siedzibą tego wtórnego oddziaływania są synapsy, gdzie działanie to najprawdopodobniej wpływa na próg reakcji.

Pojęcie sygnału bezpośrednio nie adresowanego, wędrującego dopóty, dopóki nie znajdzie odbiorcy, który go przyjmie, a zatem zareaguje, nie jest nieznanne. Wiadomości tego rodzaju są nadawane często jako sygnały alarmowe. Syrena pożarowa jest wezwaniem skierowanym do wszystkich mieszkańców miasta, w szczególności zaś do członków straży ogniowej, bez względu na to, gdzie się w danej chwili znajdują. W kopalni, gdy chcemy zawiadomić załogę w odległych korytarzach o pojawieniu się metanu, w urządzeniu tłoczącym powietrze rozbijamy butlę z merkaptanem etylu. Nie ma powodu do przypuszczania, że tego rodzaju sygnały nie pojawiają się w systemie nerwowym. Gdybym miał budować maszynę uczącą się typu ogólnego, byłbym jak najbardziej skłonny przyjąć metodę łączenia rozchodzących się ogólnie sygnałów według zasady „do wszystkich, których to może obchodzić”, z sygnałami przesyłanymi zlokalizowanymi kanałami. Opracowanie elektrotechnicznych metod wykonania tego zadania nie powinno nastęrczać szczególnych trudności. Różni się to oczywiście bardzo od twierdzenia, że rzeczywiście proces uczenia się u zwierzęcia odbywa się za pomocą takiego połączenia sygnałów rozchodzących się ogólnie i kierowanych określonymi drogami. Prawdę mówiąc, może tak i jest w istocie, ale dane, jakie posiadamy, pozwalają najwyżej na przypuszczenie.

Co się tyczy natury sygnałów „do wszystkich, których to może obchodzić”, to jestem na razie jeszcze bardziej skazany na domysły. Prawdopodobnie mogą one być przekazywane przez nerwy, jestem jednak skłonny przypisywać je nie cyfrowej, lecz analogowej działalności mechanizmu odpowiedzialnego za odruchy i myśli. Truizmem jest przypisywanie działania synaps zjawiskom chemicznym. W czynnościach nerwów nie da się oddzielić potencjałów chemicznych od potencjałów elektrycznych, i twierdzenie, że pewna określona czynność ma charakter chemiczny, jest prawie pozbawiona znaczenia. Pomimo tego przypuszczenie, że przynajmniej jedna z przyczyn zmian synaptycznych, lub jedna z okoliczności towarzyszących tym zmianom, wyraża się w zmianach chemicznych występujących lokalnie, niezależnie od pochodzenia - nie pozostaje w sprzeczności z obecnymi poglądami. Obecność takiej zmiany może w pewnych miejscach zależeć od sygnałów wyzwalających, przekazywanych przez nerwy. Można sobie równie dobrze wyobrazić, że zmiany tego rodzaju mogą być w części powodowane przez zmiany chemiczne, przekazywane przez krew, a nie przez nerwy. Można też sobie wyobrazić, że sygnały „do wszystkich, których to może obchodzić”, przekazywane są przez nerwy, a przejawiają się lokalnie w postaci tego działania chemicznego, które

towarzyszy zmianom synaptycznym. Jako inżynierowi, wydaje mi się, że przekazywanie tych sygnałów przez krew byłoby oszczędniejsze od przekazywania ich przez nerwy. Nie mam jednak na to danych.

Pamiętajmy, że sygnały „do wszystkich, których to może obchodzić”, w pewnym stopniu przypominają zmiany w tych aparatach kierujących artylerią przeciwlotniczą, które do instrumentu wprowadzają coraz to nowe dane statystyczne, a nie zmiany, które bezpośrednio przekazują tylko pewne określone dane liczbowe. W obu przypadkach mamy do czynienia z działaniem, które przygotowuje się przez długi czas i którego efekty są również długotrwałe.

Szybkość, z jaką odruch warunkowy reaguje na bodziec, niekoniecznie wskazuje na to, że samo uwarunkowanie odruchu jest procesem o dającej się porównać szybkości. Dlatego też wydaje mi się, że sygnały powodujące takie uwarunkowanie przekazywane są przez powolny, lecz przenikający wszędzie strumień krwi.

Przypuszczenie, że utrwalający wpływ głodu, bólu czy jakiegokolwiek innego bodźca, mogącego wywoływać odruch warunkowy, przenoszony jest przez krew, jest już znacznym zwężeniem koncepcji, jakiej wymaga mój punkt widzenia. Jeszcze większym ograniczeniem byłoby usiłowanie określenia charakteru tego nieznanego wpływu przenoszonego przez krew, jeżeli on w ogóle istnieje. To, że krew zawiera w sobie substancje, które mogą bezpośrednio lub pośrednio zmieniać czynności nerwów, wydaje mi się bardzo prawdopodobne; przypuszczenie takie nasuwa przynajmniej fakt działania niektórych hormonów i produktów wydzielania wewnętrznego. Nie jest to jednak jednoznaczne z twierdzeniem, że wpływ na progi, determinujący proces uczenia się, jest wynikiem działania określonych hormonów. Dalej, jest rzeczą kuszącą poszukiwanie wspólnego mianownika głodu i bólu spowodowanego przez kontakt z ogrodzeniem przewodzącym prąd elektryczny z czymś, co by można nazwać stanem emocjonalnym; lecz na pewno poszlibyśmy za daleko wiążąc stan emocjonalny z wszystkimi czynnikami warunkującymi odruchy, nie omawiając bliżej ich specyficznego charakteru.

Mimo wszystko jest rzeczą interesującą dowiedzieć się, że zjawisko subiektywnie interpretowane jako stan emocjonalny nie jest prawdopodobnie zbędnym epifenomenem czynności nerwowej, lecz - być może - reguluje pewne istotne stadia w procesie uczenia się i w innych podobnych procesach. Nie twierdzę stanowczo, że tak jest, ale twierdzę, że ci psychologowie, którzy zakreślają ostre i nieprzekraczalne granice pomiędzy stanami emocjonalnymi człowieka i innych organizmów żywych a reakcjami współczesnych mechanizmów automatycznych, powinni być równie ostrożni w swych zaprzeczeniach, jak ja w moich twierdzeniach.

## Rozdział IV

### Mechanizm i historia języka

Żadna teoria komunikacji nie może oczywiście pominąć dyskusji na temat języka. Termin „język” właściwie w pewnym sensie jest inną nazwą komunikacji, jak również słowem używanym na określenie kodów, za pośrednictwem których porozumiewanie dochodzi do skutku. W dalszym ciągu niniejszego rozdziału zobaczymy, że postępowanie się zaszyfrowanymi i rozszyfrowanymi informacjami gra ważną rolę nie tylko u ludzi, lecz także u innych żywych organizmów oraz u maszyn używanych przez ludzi. Ptaki porozumiewają się między sobą, owady między sobą - a całe to porozumienie odbywa się za pomocą kodów, sygnałów lub symboli, które zrozumieć może tylko istota obznajomiona z systemem kodów wchodzących w grę.

To, co odróżnia porozumiewanie się ludzi od porozumiewania się większości innych zwierząt, to (a) subtelność i złożoność stosowanego kodu i (b) wysoki stopień dowolności tego kodu. Wiele zwierząt potrafi wzajemnie sygnalizować sobie swoje stany emocjonalne, aby przez sygnalizowanie tych stanów wskazywać bliskość wroga lub zwierzęcia tego samego gatunku, lecz odmiennej płci, oraz przekazywać sporo innych szczegółowych informacji tego rodzaju. Większość tych informacji ma charakter nietrwały. Większość z nich należałoby oddać w tłumaczeniu na język ludzi przez expletiva i wykrzykniki, chociaż niektóre z nich można by w przybliżeniu wyrazić słowami, którym bylibyśmy skłonni nadać postać rzeczowników i przymiotników, lecz które byłyby użyte przez dane zwierzę bez jakiegokolwiek rozróżnienia formy gramatycznej. Ogólnie biorąc, wydaje się, że język zwierząt określa w pierwszym rzędzie stany emocjonalne, a następnie rzeczy, wcale zaś nie wyraża bardziej złożonych stosunków pomiędzy rzeczami.

Oprócz ograniczenia języka zwierząt w zakresie tematu porozumiewania się, język ich jest w obrębie danego gatunku bardzo ogólnie ustalony i nie zmienia się w czasie. Ryk jednego lwa bardzo przypomina ryk innego lwa. Istnieją wprawdzie ptaki, jak papuga, szpak i kruk, które zdają się posiadać zdolność naśladowania dźwięków występujących w ich otoczeniu, a zwłaszcza dźwięków wydawanych przez inne zwierzęta i przez człowieka, oraz do modyfikowania i powiększania swego słownictwa, co prawda w niewielkim zakresie. Ale nawet one, jak się wydaje, nie rozporządzają ludzką swobodą wykorzystywania każdego dającego się wymówić dźwięku w roli kodu mającego takie lub inne znaczenie i przekazywania tego kodu swojej grupie, dla której stanowi on przyjęty i zrozumiały język, nie posiadający jednak niemal zupełnie znaczenia dla istot postronnych.

W zakresie ustalonym przez te wielkie ograniczenia, ptaki, które potrafią naśladować mowę ludzką, odznaczają się kilkoma wspólnymi charakterystycznymi cechami: mają skłonność do życia zbiorowego, żyją stosunkowo długo i posiadają pamięć, którą można uznać za doskonałą, jeśli przyjąć kryteria mniej surowe niż porównanie z człowiekiem. Nie ma wątpliwości, że w odpowiednich sytuacjach ptak mówiący może się nauczyć używania dźwięków ludzkich albo zwierzęcych w sposób, który przynajmniej dla przypadkowego słuchacza będzie się zdawał zawierać pewne elementy rozumienia. Lecz nawet najbardziej głosowo uzdolnieni członkowie świata stojącego poniżej poziomu człowieka nie mogą z nim rywalizować co do łatwości w nadawaniu znaczenia nowym dźwiękom, co do repertuaru dźwięków objętych kodem, co do zasięgu pamięci językowej, a przede wszystkim co do zdolności tworzenia symboli na oznaczanie relacji, klas, i innych pojęć objętych przez „wyższy typ logiczny” Russella.

Pragnę jednak wykazać, że język nie jest wyłącznym atrybutem istot żywych, lecz czymś, co w pewnym stopniu mogą one dzielić z maszynami zbudowanymi przez człowieka. Pragnę dalej wykazać, że zaabsorbowanie człowieka językiem na pewno jest wyrazem właściwej mu możliwości, jaką nie odznaczają się wielkie małpy, jego najbliżsi krewni. Wykażę jednak, że jest to tylko możliwość, którą wykorzystać można przez uczenie się.

Myślimy zwykle o porozumiewaniu się i języku jako czymś skierowanym przez człowieka do człowieka. Ale jest rzeczą w pełni możliwą, żeby człowiek mówił do maszyny, maszyna do człowieka i maszyna do maszyny. Na przykład, na bardziej dzikich obszarach w zachodniej części naszego kraju oraz w Kanadzie jest wiele elektrowni oddalonych od osiedli, gdzie by robotnicy mogli mieszkać, a zbyt małych, aby dla nich tworzyć specjalne osiedla, choć z drugiej strony nie tak małych, aby systemy energetyczne mogły je zaniedbać. Jest więc pożądane, żeby eksploatować te elektrownie bez zatrudnienia stale mieszkającego przy nich personelu; w ten sposób byłyby one po prostu pozostawione bez opieki na przeciąg kilku miesięcy, oddzielających kolejne objazdy inżyniera-konserwatora.

W tym celu potrzebne są dwie rzeczy. Jedną z nich jest wprowadzenie urządzeń automatycznych, które by uniemożliwiały włączanie się generatora do sieci, zanim osiągnie odpowiednią częstotliwość, woltaż i fazę, i w podobny sposób zapobiegały innym katastrofom elektrycznym, mechanicznym lub hydraulicznym. Ten typ kierowania elektrownią wystarczyłby, gdyby dzienny cykl pracy elektrowni był nieprzerwany i niezmienny.

Tak jednak nie bywa. Obciążenie elektrowni zależy od wielu różnych czynników, wśród nich od zmieniającego się zapotrzebowania ze strony przemysłu, awarii wyłączających pewne części systemu energetycznego, a nawet od chmur, które mogą sprawić, że w środku dnia w dziesiątkach tysięcy mieszkań i biur włącza się światło. Wynika z tego, że zarówno elektrownie zautomatyzowane, jak i elektrownie kierowane przez stały personel muszą być w stałym zasięgu dyspozytora mocy, który musi mieć możliwość wydawania poleceń maszynom. Robi to wysyłając do danej elektrowni odpowiednio zakodowane sygnały - albo linią specjalnie zainstalowaną do tego celu, albo istniejącymi liniami telefonicznymi czy telegraficznymi, albo za pomocą systemu przekazu, który wykorzystuje linie do przesyłania prądu. Z drugiej strony, przed wydaniem rozsądnych poleceń dyspozytor mocy musi znać sytuację w danej elektrowni, a zwłaszcza wiedzieć, czy jego rozkazy zostały wykonane, czy też wstrzymane przez jakiś defekt w instalacji. Tak więc maszyny w elektrowni muszą mieć możliwość przekazywania dyspozytorowi mocy informacji odwrotnych. Mamy tu przykład języka, jakim człowiek przekazuje wiadomości maszynie i na odwrót.

Czytelnika może zdziwić fakt, że przyznajemy maszynom zdolność posługiwania się językiem, a zarazem prawie całkowicie odmawiamy tej zdolności mrówkom. Ale przy budowaniu maszyn jest dla nas często rzeczą bardzo ważną przypisywanie im pewnych cech ludzkich, nie spotykanych u niższych przedstawicieli świata zwierzęcego. Godzimy się chętnie, by czytelnik uznał to za metaforyczne rozszerzanie naszych ludzkich osobowości, lecz musimy go ostrzec, że nowe maszyny nie przestaną pracować z chwilą, gdy przestaniemy im udzielać naszego ludzkiego poparcia.

Język skierowany do maszyny składa się w rzeczywistości z wielu stopni. Z punktu widzenia inżyniera-łącznościowca kod przekazywany po linii telefonicznej lub telegraficznej stanowi sam w sobie zamkniętą całość. Do takiej wiadomości możemy stosować wszystkie pojęcia cybernetyki lub teorii informacji. Możemy obliczyć ilość informacji, jaką ta wiadomość zawiera, przez określenie jej prawdopodobieństwa w zbiorze wszystkich możliwych wiadomości, a następnie - stosownie do zasad wyłożonych w rozdziale I - przez obliczenie ujemnego logarytmu tego prawdopodobieństwa. Nie będzie to jednak ilość rzeczywiście przekazanej informacji, lecz maksimum, jakie może być przekazane, gdyby połączyć daną linię z odpowiednim urządzeniem końcowym. Ilość informacji przekazanej przy danym urządzeniu końcowym zależy od zdolności tegoż urządzenia do przekazywania lub wykorzystywania otrzymanych informacji.

Doszliliśmy więc do nowej koncepcji sposobu, w jaki elektrownia otrzymuje rozkazy. Jej faktyczne działanie, polegające na otwieraniu i zamykaniu przełączników, nastawianiu generatorów na fazę, regulowaniu przepływu wody w śluzach oraz włączaniu i wyłączaniu turbin, może być uważane za język sam w sobie, z systemem prawdopodobieństwa takiego czy innego zachowania się, określonym przez własne dzieje tegoż systemu. W tych granicach każda możliwa sekwencja rozkazów posiada własne prawdopodobieństwo i wobec tego przenosi określoną ilość informacji.

Jest oczywiście rzeczą możliwą, iż związek pomiędzy linią a znajdującą się na jej zakończeniu maszyną jest tak doskonały, że ilość informacji zawarta w wiadomości, z punktu widzenia przekaźnikowych możliwości danej linii, oraz ilość informacji wyrażona w formie wykonanych rozkazów, mierzona z punktu widzenia działania maszyny, będzie identyczna z ilością informacji przekazaną przez układ złożony z linii i znajdującej się na jej zakończeniu maszyny. Na ogół jednak pomiędzy linią a maszyną



pojawia się stadium przekładania informacji, i w tym stadium pewna jej ilość może zaginąć w sposób bezpowrotny. Proces przekazywania informacji może zawierać nawet kilka takich kolejnych stadiów, poprzedzających stadium końcowe. Pomędzy takimi dowolnymi dwoma stadiami będzie również zachodzić przekładanie informacji, w czasie którego część informacji może ulec rozproszeniu. To, że informacja może być rozproszona i nie odzyskana z powrotem, jest - jak widzieliśmy - cybernetyczną postacią drugiego prawa termodynamiki.

Dotąd w rozdziale tym mówiliśmy o układach porozumiewania się zakończonych maszynami. W pewnym sensie wszystkie takie układy zakończone są maszynami. Lecz zwykłe układy językowe zakończone są szczególnym rodzajem maszyn, zwanym istotą ludzką. Istota ludzka jako maszyna będąca zakończeniem układu posiada sieć służącą do porozumiewania się, którą można rozpatrywać na trzech różnych poziomach. Z punktu widzenia zwykłego języka mówionego, pierwszy poziom składa się z ucha oraz tej części mechanizmu mózgowego, która jest stale i niezmiennie połączona z uchem wewnętrznym. Aparat ten, gdy go połączyć z aparatem drgań dźwiękowych w powietrzu lub ich odpowiednikiem w obwodach elektrycznych, reprezentuje maszynę zajmującą się fonetycznym aspektem języka, samym dźwiękiem.

Drugi, *semantyczny* aspekt języka, związany jest ze znaczeniem, i uwidacznia się na przykład w trudnościach przy tłumaczeniu z jednego języka na drugi, gdy niedoskonała odpowiedniość znaczenia słów ogranicza przepływ informacji z jednego języka do drugiego. Można uzyskać uderzające podobieństwo do języka takiego, jak angielski, biorąc sekwencje słów lub par, lub trójek słów według statystycznej częstotliwości, z jaką następują one w danym języku, a otrzymany w taki sposób bełkot będzie uderzająco przypominał dobrą angielszczyznę. Z fonetycznego punktu widzenia pozbawione sensu naśladownictwo rozumnej mowy jest niemal całkowitym odpowiednikiem języka sensownego, chociaż jest semantyczną sieczką, podczas gdy angielszczyzna inteligentnego cudzoziemca, którego wymowa nosi ślady jego ojczyznojęzyka lub który mówi literacką angielszczyznę, jest semantycznie dobra, a fonetycznie zła. Na odwrót, przemówienie na bankiecie jest zwykle fonetycznie dobre, a semantycznie złe.

W ludzkich narządach porozumiewania się można, niełatwo zresztą, ustalić cechy charakterystyczne ich mechanizmu fonetycznego. Można zatem, choć niełatwo, ustalić, co jest informacją fonetycznie doniosłą, i zmierzyć ją. Jest rzeczą wiadomą na przykład, że ucho i mózg posiadają urządzenie odcinające odbiór dźwięków o wysokiej częstotliwości drgań, dźwięków, które mogą przedostać się do ucha oraz być przekazywane telefonicznie. Innymi słowy, dźwięki o wysokiej częstotliwości, bez względu na to, jakie informacje mogłyby one przekazać odpowiedniemu receptorowi, nie przekazują uchu żadnej istotniejszej informacji. Ale bodaj jeszcze trudniej jest określić i zmierzyć informację semantycznie doniosłą.

Recepcja semantyczna wymaga pamięci wraz z jej działaniem opóźniającym. Typy abstrakcji należące do ważnego stadium semantycznego są nie tylko powiązane ze stałymi, wbudowanymi podzespołami neuronów w mózgu, podobnymi do tych, które muszą odgrywać znaczną rolę w postrzeganiu form geometrycznych, lecz także z aparatami wykrywającymi abstrakcje; składają się one z części zwanej *internuncial pool*, to jest zbiorów neuronów, które mogą organizować się w duże zespoły, lecz nie na stałe, a przejściowo.

W mózgu o wysokim stopniu rozwoju, oprócz niewątpliwie istniejących tam trwałych organizacji, znajdujących w częściach związanych z narządami zmysłów oraz gdzie indziej, istnieją specjalne przełączniki i połączenia, które zdają się być tworzone czasowo dla specjalnych celów, na przykład wyuczonych odruchów. W celu utworzenia takich szczególnych przełączników musi istnieć możliwość organizowania w pewne całości sekwencji tych neuronów, które się do tego nadają, a nie są w danej

chwili w użyciu. Dotyczy to oczywiście progów synaptycznych - zorganizowanych w ten sposób sekwencji neuronów. Ponieważ są neurony, które mogą być albo w obrębie takich czasowych organizacji, albo poza nimi, jest rzeczą pożądaną ustalić dla nich specjalną nazwę. Jak wspomniałem, sądzę, że odpowiadają one dość blisko temu, co neurofizjologowie nazywają *internuncial pool*.

Jest to przynajmniej rozsądna teoria ich zachowania się. Semantyczny aparat odbiorczy nie przyjmuje ani nie tłumaczy języka słowo w słowo, czyni to na zasadzie wyrażenia idei ideą, a często jeszcze bardziej ogólnie. W pewnym sensie może się oprzeć na całym swym doświadczeniu, a ta funkcja pamięci odgrywa niebłahą rolę w jego działaniu.

Istnieje trzeci poziom porozumiewania się, który częściowo stanowi przekład z poziomu semantycznego, a częściowo z wcześniejszego poziomu fonetycznego. Jest to przekład świadomy lub nieświadomy doświadczeń jednostki na czynności dające się zaobserwować z zewnątrz. Możemy to nazwać *poziomem zachowania się*. U niższych zwierząt jest to jedyny poza aspektem fonetycznym poziom języka, jaki możemy zaobserwować. Odnosi się to również do każdej istoty ludzkiej poza tą, która w danym wypadku jest adresatem - w tym sensie, że ta istota ludzka może mieć dostęp do myśli innej osoby tylko poprzez jej zachowanie się. Składa się ono z dwóch części: bezpośrednich czynności, takich, jakie widzimy u niższych zwierząt, oraz zakodowanego i symbolicznego systemu czynności znanych jako język mówiony lub pisany.

Teoretycznie byłoby możliwe rozwinięcie statystyki poziomu semantycznego i poziomu zachowania się do takiego stopnia, abyśmy otrzymywali dość dokładny obraz ilości zawartych tam informacji. Ogólne obserwacje wskazują jednak, że język fonetyczny dociera do narządów odbiorczych z mniejszą ilością informacji, niż została wysłana, a w każdym razie nie z większą niż ta, którą system transmisyjny wiodący do ucha może przekazać, oraz że język semantyczny i język zachowania się zawierają jeszcze mniej informacji. Ten fakt jest jednym z przejawów drugiego prawa termodynamiki; jest on zawsze prawdziwy, jeżeli w każdym stadium uznajemy przekazywaną informację za maksymalną, jaka mogła być przekazana kodem odpowiednim dla danego systemu odbiorczego.

Zwrócę teraz uwagę czytelnika na coś, co może mu się w ogóle nie wydawać problemem - na przyczynę tego, że szympanasy nie mówią. Zachowanie się szympanasów od dawna było zagadką dla psychologów zajmujących się tymi ciekawymi zwierzętami. Młody szympanas uderzająco przypomina dziecko i niewątpliwie w sprawach intelektualnych dorównuje mu, jeżeli je nie przewyższa. Badacze psychologii zwierząt dziwili się stale, dlaczego wychowywany w rodzinie ludzkiej i przez pierwszy rok lub dwa swego życia stykający się ciągle z mową ludzką nie przyswaja sobie języka jako formy wyrażania się i nie zaczyna sam gaworzyć jak dziecko.

Na szczęście - czy na nieszczęście - wszystkie szympanasy, które dotąd obserwowano, pozostają dobrymi szympanasami, a nie stają się pseudo-ludzkimi moronami. Pomimo tego myślę, że przeciętny badacz psychologii zwierząt tęsknie marzy o tym szympanasie, który zdradzi swych małpich przodków i przybierze bardziej ludzkie sposoby bycia. To, że się tak dotychczas nie stało, nie jest sprawą jedynie pojemności umysłu, gdyż istnieją upośledzone zwierzęta ludzkie, których mózg przyniósłby wstyd szympanasowi. Po prostu mówienie i pragnienie mówienia nie leży w naturze zwierzęcia.

Mowa jest tak specyficznie ludzką formą działalności, że nawet najbliżsi krewniacy człowieka i jego najaktywniejsi naśladowcy do niej się nie zbliżają. Nieliczne dźwięki wydawane przez szympanasa niewątpliwie zawierają w sobie wiele treści uczuciowej, lecz nie posiadają czystej i trwałej precyzji organizacji potrzebnej do uczynienia z nich kodu o wiele dokładniejszego niż głosy wydawane przez kota. Ponadto dźwięki te (co jeszcze bardziej odróżnia je od mowy ludzkiej) często stanowią wrodzoną i nie nauczoną cechę szympanasa, nie są zaś nabytym zachowaniem się członka danej społeczności.

Szczególnie godny uwagi jest fakt, że mowa w ogóle znamionuje człowieka jako człowieka, a określona forma mowy znamionuje człowieka jako członka danej społeczności. Biorąc pod uwagę to wszystko, co dzisiaj wiemy o człowieku, możemy śmiało powiedzieć, że - po pierwsze, nie istnieje żadna zbiorowość osobników ludzkich nie upośledzonych ułomnością słuchu lub umysłu, która by nie posiadała własnej mowy. Po drugie, wszystkie rodzaje mowy ludzkiej są wyuczone, i pomimo dziewiętnastowiecznych prób sformułowania genetycznej i ewolucjonistycznej teorii języków, nie ma żadnej podstawy do przyjmowania jakiegokolwiek jednej wrodzonej formy mowy, z której miałyby powstać obecnie istniejące języki. Małe dzieci pozostawione same sobie będą oczywiście próbowały mówić, ale próby te dowiodą tylko ich wrodzonej skłonności do wydawania dźwięków, nie będą zaś naśladowały żadnego z istniejących języków. Jest rzeczą niemal równie oczywistą, że gdyby grupę dzieci w krytycznych latach formowania się mowy odizolować od mowy starszych, wytworzyłyby coś, co mimo swego prymitywizmu byłoby niewątpliwie językiem.

Dlaczego więc szympansa nie można zmusić do mówienia, ludzkich zaś dzieci nie można zmusić do niemówienia? Dlaczego ogólna skłonność do mówienia i ogólne zewnętrzne i psychologiczne aspekty języka w obrębie dużych grup ludzkich są tak jednolite, podczas gdy wyodrębnione, z punktu widzenia lingwistyki, wykazują taką różnorodność? Przynajmniej częściowe zrozumienie tych spraw niezbędne jest do wyrobienia sobie jakiegokolwiek pojęcia o społeczności opartej na posługiwaniu się językiem. Mówiąc, że u człowieka, w przeciwieństwie do małp, występuje przemożny impuls do posługiwania się takim czy innym językiem, lecz że konkretny język będący w użyciu to coś, czego w każdym poszczególnym przypadku trzeba się nauczyć - stwierdzamy tylko podstawowe fakty. Nasze zainteresowanie się kodami oraz dźwiękami mowy, a także możliwość rozciągnięcia tego zainteresowania na kody oparte na bodźcach wzrokowych, wynikają widocznie ze struktury samego mózgu. Żaden jednak fragment tych kodów nie jest nam przyrodzony jako z góry ustalony rytuał, jak to się dzieje w przypadku tańców godowych wielu ptaków, lub zasad, dzięki którym mrówki rozpoznają i usuwają intruzów trafiających do mrowiska. Dar mowy nie sięga wstecz do powszechnego języka adamowego, któremu kres położyła Wieża Babel. Jest to ściśle psychologiczny impuls, a ponadto nie dar mowy, lecz dar zdolności do mówienia.

Innymi słowy, to, co przeszkadza młodemu szympansowi nauczyć się mówić, dotyczy semantycznej, a nie fonetycznej strony języka. *Szympan po prostu nie posiada przyrodzonego mechanizmu, który by go prowadził do tłumaczenia słyszanych dźwięków, stanowiących podstawę, wokół której skupiają się jego pojęcia lub skomplikowany sposób zachowania się.* Pierwszego z tych twierdzeń nie możemy być całkowicie pewni, bo nie mamy możliwości przeprowadzenia bezpośrednio obserwacji. Drugie natomiast jest faktem empirycznym. Mogą istnieć pewne ograniczenia, lecz jest rzeczą niewątpliwą, iż człowiek posiada taki przyrodzony mechanizm.

Była tu już mowa o charakterystycznej cesze gatunkowej człowieka, jaką jest jego niezwykła zdolność do uczenia się. Czyni ona życie społeczne ludzi czymś całkowicie odmiennym od pozornie analogicznego życia społecznego pszczoł, mrówek i innych owadów tworzących społeczność. Przypadki dzieci, które zostały pozbawione kontaktu z ludźmi w latach krytycznych dla normalnego nauczania się mowy, nie mają chyba zupełnie jednoznacznego wyrazu. Opowiadania o dzieciach wychowywanych przez zwierzęta - inspirowane przez Kiplinga w *Księżce Dżungli*, z niedźwiedziami ze szkół publicznych i z wilkami z Sandhurst - równie mało zasługują na wiarę w swych oryginalnych sformułowaniach bez polotu, jak i literackich wersjach Kiplinga. Lecz te nieliczne dane, które posiadamy, wskazują, że istnieje krytyczny okres, w którym człowiek najłatwiej uczy się mówić, i jeśli okres ten upłynie bez kontaktów z jakimiś innymi istotami ludzkimi, wówczas nauka języka przychodzi powoli, z trudnością i daje bardzo mierne wyniki.

Odnosi się to chyba do większości tych uzdolnień, które uważamy za naturalne. Jeżeli dziecko nie zacznie chodzić, gdy osiągnie wiek trzech lub czterech lat, może zatracić wszelką ochotę do chodzenia, i zwykłe poruszanie się może dlań być cięższym zadaniem niż dla normalnej osoby dorosłej prowadzenie samochodu. U człowieka niewidomego od urodzenia, którego ślepotą ustąpiła po usunięciu katarakty lub przeszczepieniu rogówki, odzyskany wzrok z początku wprowadzi tylko zamęt w czynnościach uprzednio wykonywanych na ślepo, a nawet może pozostać nową, z trudem wyuczoną, wątpliwej wartości zdobyczą. Możemy przyjąć, że całe życie społeczne człowieka w jego normalnych przejawach skupia się wokół mowy. A zatem, jeśli mowy tej nie nauczy on się we właściwym czasie, cały społeczny aspekt jego osobowości zostanie zwichnięty.

W sumie - ludzkie zainteresowanie się językiem wydaje się być wrodzonym zainteresowaniem procesami szyfrowania i rozszyfrowywania, zainteresowaniem bodaj najbardziej człowiekowi właściwym. *Mowa jest tym, co człowieka najbardziej interesuje i co jest jego specyficznym osiągnięciem.*

Jako syna filologa, od dzieciństwa pociągało mnie wszystko, co dotyczy natury i techniki języka. Było rzeczą niemożliwą, aby tak gruntowna rewolucja w teorii języka, jaką jest współczesna teoria komunikacji, nie mogła się odbić na zastanych koncepcjach lingwistycznych. Ponieważ mój ojciec był bardzo heretyckim filologiem, starającym się skierować filologię na tory zbliżone do tych, na które popchnęły ją wpływy teorii komunikacji, pozwolę sobie na amatorskie uwagi na temat historii języka i historii naszej teorii języka.

Człowiek uważał, że język jest tajemnicą bardzo zamierzczłych czasów. Zagadkowość Sfinksa jest prymitywną koncepcją mądrości. U wielu ludów pierwotnych pisanie i magia to pojęcia dość sobie bliskie. Szacunek dla pisma sięga w niektórych częściach Chin tak daleko, że ludzie bardzo niechętnie wyrzucają stare gazety i niepotrzebne części książek.

Podobnym objawem jest „magia imion”, zgodnie z którą w niektórych kulturach ludzie od urodzenia do śmierci występują pod nie swoimi imionami, by nie pozwolić czarownikom na poznanie ich prawdziwych imion. Najbardziej u nas znanym faktem z tej kategorii jest to, że w imieniu Jehowy samogłoski są wzięte z innego słowa oznaczającego boga, a mianowicie Adonai, tak aby imię Wszechpotężnego nie zostało zbezczeszczone wypowiedaniem go przez usta profanów.

Od magii imion już tylko krok do głębszego i bardziej naukowego zainteresowania się językiem. Zainteresowanie to w formie tekstualnej krytyki, roztrząsającej autentyczność tradycji ustnych i tekstów pisanych, sięga starożytnych czasów wszystkich cywilizacji. Święty tekst musi być zachowywany w oryginalnej wersji. Jeśli istnieją rozbieżne interpretacje, różnice muszą być rozstrzygnięte przez krytyka-komentatora. Toteż Biblia chrześcijan i żydów, święte księgi Persów i Hindusów, teksty buddyjskie i pisma Konfucjusza - wszystkie mają wczesnych komentatorów. To, czego nauczono się przy strzeżeniu prawdziwej religii, kontynuowano jako umiejętność literacką, i w ten sposób krytyka tekstualna stała się jednym z najstarszych zajęć intelektualnych.

Przez znaczną część ubiegłego stulecia filologia sprowadzała się do szeregu dogmatów, czasami dowodzących niezwykłej ignorancji co do natury języka. Model darwinowskiego ewolucjonizmu często brano zbyt poważnie i zbyt bezkrytycznie. Temat ten wiąże się bardzo ściśle z naszymi poglądami na istotę porozumiewania się, więc omówię go dłużej.

Wczesne spekulacje, że hebrajski był językiem człowieka w raju i że pomieszanie języków zaczęło się przy budowie Wieży Babel, interesują nas najwyżej jako prymitywne wyobrażenia wyprzedzające myśl naukową. Jednak późniejszy rozwój myśli filologicznej zachował na długo cechy podobnej naiwności. Fakt, że niektóre języki są ze sobą spokrewnione i że ulegają postępującym zmianom,

które prowadzą do powstawania języków całkowicie odmiennych, nie mógł pozostać nie zauważony przez bystre umysły filologów Odrodzenia. Praca taka, jak *Glossarium Mediae atque Infimae Latinitatis* Ducange'a nie mogła powstać bez świadomości tego, że korzenie języków romańskich tkwią nie tylko w łacinie, lecz w łacinie wulgarnej. Wielu uczonych rabinów musiało sobie zdać sprawę z podobieństwa hebrajskiego, aramejskiego i syryjskiego. Gdy za radą mocno wyklinanego Warrena Hastingsa Kompania Wschodnio-Indyjska założyła Szkołę Studiów Orientalnych w Porcie William, nie można było dłużej nie dostrzegać faktu, że greka i łacina z jednej strony, a sanskryt z drugiej są stworzone z tego samego materiału. Na początku ubiegłego stulecia prace braci Grimm i Duńczyka Raska nie tylko wykazały, że języki germańskie należą do tak zwanej rodziny języków indoeuropejskich, lecz wyjaśniły wzajemne stosunki między tymi językami, a także pomiędzy nimi a ich przypuszczalnym odległym, ale wspólnym przodkiem.

A zatem ewolucjonizm w językoznawstwie wyprzedza subtelny darwinowski ewolucjonizm w biologii. Był on uzasadniony, ale wkrótce zaczął prześcigać ewolucjonizm biologiczny tam, gdzie tamten nie mógł mieć zastosowania. Przyjmowano mianowicie, że języki są niezależnymi, quasi-biologicznymi tworamami, o których rozwoju decydują wewnętrzne siły i potrzeby - podczas gdy w rzeczywistości są one epifenomenami kontaktów międzyludzkich, podlegającymi wszystkim siłom społecznym wynikającym ze zmian w formach tych kontaktów.

Wobec istnienia *Mischsprachen*, języków takich, jak lingua franca, swahili, jidysz, indiański żargon chinook, a nawet w znacznej mierze angielski, usiłowano wyprowadzić każdy język od jednego prawowitego przodka, traktując wszystkie inne języki, które miały udział w jego powstaniu, najwyżej jak rodziców chrzestnych. Wprowadzono uczone rozróżnienia pomiędzy prawidłowymi formacjami fonetycznymi, przestrzegającymi ustalonych praw, i tak pożałowania godnymi incydentami, jak słowa wymyślone, etymologie ludowe i slang. W dziedzinie gramatyki pierwotne próby wtłoczenia wszystkich języków, bez względu na pochodzenie, w ścisłe formy dostosowane do łaciny i greki zastąpiono później próbą niemal równie ścisłego sformułowania dla każdego języka właściwych mu reguł.

Właściwie dopiero od niedawnych prac Ottona Jespersena poważniejsze grupy filologów zaczęły się zdobywać na tyle obiektywizmu, aby zająć się takim językiem, jaki jest faktycznie używany w mowie i w piśmie, a nie usiłować uczyć Eskimosów mówienia po eskimosku i Chińczyków pisanie po chińsku. Skutki niefortunnego puryzmu językowego sięgały poza mury szkolne; bodaj pierwszym z nich były dzieje łaciny, która dzieląc los wcześniejszej generacji bóstw klasycznych została zabita przez swe własne dzieci.

W wiekach średnich łacina różnych rodzajów, z których najlepszy był do przyjęcia dla wszystkich z wyjątkiem pedantów, pozostawała uniwersalnym językiem duchowieństwa i ludzi wykształconych w całej Europie Zachodniej, podobnie jak język arabski w świecie islamu aż do naszych dni. To zachowywanie prestiżu łaciny było możliwe dzięki skłonności pisarzy i mówców, posługujących się tym językiem, do dokonywania zapożyczeń z innych języków lub do tworzenia w obrębie samej łaciny tego wszystkiego, co było potrzebne do omawiania żywych filozoficznych problemów epoki. Łacina św. Tomasza nie była łaciną Cyncerona, lecz Cycero nie zdołałby dyskutować na tematy pojęć tomistycznych posługując się cyncerońską łaciną.

Można by pomyśleć, że rozwój języków ludowych w Europie musiał z konieczności położyć kres funkcji łaciny. Ale tak nie było. W Indiach, pomimo rozwoju języków neosanskryckich, sanskryt do dzisiaj zachował uderzającą żywotność. Świat muzułmański, jak wspominałem, połączony jest tradycją klasycznej arabszczyzny, chociaż dla większości muzułmanów arabski nie jest ich ojczystym językiem, a poza tym współczesny arabski mówiony rozpadł się na wiele odrębnych dialektów. Język

nie służący do porozumiewania się na co dzień może przez wiele pokoleń, a nawet stuleci, pozostać językiem uczonych. Współczesny hebrajski przetrwał dwa tysiące lat, w ciągu których nie posługiwano się nim, a jednak powrócił jako język używany na co dzień. To, co tu teraz mówię, odnosi się tylko do ograniczonej roli łaciny, jako języka uczonych.

Z nadejściem Odrodzenia artystyczne normy łaciny podwyższyły się i powstała tendencja do usuwania wszystkich poklasycznych neologizmów. W rękach wielkich włoskich uczonych Odrodzenia ta zreformowana łacina mogła być, i często była, dziełem sztuki, ale ilość nauki potrzebna do właściwego obchodzenia się z tak delikatnym i subtelnym narzędziem wykroczała poza granice tej sztuki, co dla uczonego, który musi swą pracę skupiać na treści raczej niż na doskonałości formy, było tylko uboczną umiejętnością. W konsekwencji ludzie, którzy uczyli łaciny, i ludzie, którzy posługiwali się łaciną, stawali się coraz bardziej odrębnymi grupami, aż wreszcie nauczyciele ograniczyli się do uczenia tylko najelegantszego i najmniej używanego stylu cycerońskiego. W ten sposób ostatecznie pozbawili się wszelkiej funkcji poza rolą specjalistów, a ponieważ zapotrzebowanie na łacinę jako specjalność malało, pozbawili się w ogóle wszelkiej funkcji. Za ten grzech pychy musimy teraz płacić brakiem odpowiedniego języka międzynarodowego, który by górował nad językami sztucznymi, jak esperanto, i dostosowanego do dzisiejszych potrzeb.

Niestety, postawa klasycystów często wykrocza poza zrozumienie wykształconego profesora. Miałem niedawno zaszczyt słyszeć przemówienie inauguracyjne klasyka, który ubolewał nad tym, że w nauce współczesnej coraz potężniejsze siły odśrodkowe zwiększają dystans dzielący specjalistę w naukach ścisłych od socjologa i człowieka pióra. Ubrał to w formę wymyśloną wędrowki po współczesnym uniwersytecie, w której występował jako przewodnik i opiekun zmartwychwstałego Arystotelesa. Zaczął od stawiania pod pręgierz fragmentów żargonu technicznego z różnych dziedzin nauki, niby podawanych Arystotelesowi jako straszliwe przykłady. Pozwolę sobie zauważyć, że to, co posiadamy z Arystotelesa, sprowadza się do szkolnych notatek jego uczniów, zapisanych jednym z najbardziej technicznych żargonów w dziejach świata, zupełnie przy tym niezrozumiałych dla ówczesnego Greka, który nie przeszedł przez naukę w liceum. To, że żargon ten został uświęcony przez historię i stał się przez to sam przedmiotem wykształcenia klasycznego, to inna sprawa, tutaj nie istotna, gdyż stało się to po Arystotelesie, a nie za jego czasów. Ważne jest, że greka z epoki Arystotelesa gotowa była pogodzić się z żargonem technicznym genialnego uczonego, podczas gdy angielszczyzna jego uczonych i czcigodnych następców nie chce się pogodzić z podobnymi potrzebami mowy dzisiejszej.

Po tym napomnieniu wróćmy do współczesnego punktu widzenia, który upodabnia operację tłumaczenia języków i pokrewne operacje interpretowania języka przez ucho i mózg do działania i sprzężeń sieci komunikacyjnych, nie należących do organizmów ludzkich. Okazuje się, że jest to w istocie zgodne ze współczesnymi, a niegdyś heretyckimi poglądami Jespersena i jego szkoły. Gramatyka przestała być w pierwszym rzędzie normatywna. Zaczęła zajmować się faktami. Chodzi już nie o to, jakim kodem powinniśmy się posługiwać, lecz o to, jakim się posługujemy. Prawdą jest, że w bardziej subtelnymi badaniami językowymi zagadnienia normatywne wchodzą w grę i okazują się nadzwyczaj delikatne. Są one jednak najwyższym wykwitem problematyki porozumiewania się, nie zaś jej częścią podstawową.

Określiśmy zatem bazę najprostszej formy porozumiewania się człowieka, a mianowicie porozumiewania się człowiekiem z człowiekiem przez bezpośrednie posługiwanie się językiem, gdy obaj stoją twarzą w twarz. Wynalezienie telefonu, telegrafu oraz innych podobnych środków łączności udowodniło, że zdolność komunikowania się nie jest w istocie rzeczy ograniczona do ludzi znajdujących się w bezpośrednim otoczeniu, gdyż mamy wiele sposobów, które możliwość porozumiewania się pozwalają rozciągnąć na cały nasz glob.

W grupach pierwotnych wielkość społeczeństwa mogącego faktycznie żyć życiem jednej zbiorowości ograniczona jest trudnością przekazywania wiadomości. Przez tysiące lat trudność ta wystarczała do tego, by utrzymywać optymalną wielkość państwa na poziomie kilku milionów ludzi, a często niższym. Zauważmy, że wielkie imperia, które przekraczały ten skromny rozmiar, zachowywały swą jedność dzięki ulepszonym systemom łączności. Sercem Imperium Perskiego była Droga Królewska i sztafety gońców, przynoszących po niej słowo króla. Wielkie Imperium Rzymu było możliwe tylko dzięki postępowi w budowaniu dróg, po których wędrowały nie tylko legiony, ale i pisemne symbole władzy cesarów. Z pojawieniem się samolotu i radia słowa władców sięgają do krańców ziemi, zniknęło wiele czynników, które dawniej uniemożliwiały powstanie Państwa Światowego. Można by nawet twierdzić, że współczesna technika komunikacji, zmuszająca do rozstrzygnięcia międzynarodowych sporów różnych radiofonii i różnych linii lotniczych, uczyniła Państwo Światowe czymś nieuniknionym.

Lecz mimo coraz bardziej efektywnych rezultatów mechanizmy porozumiewania się, jak zawsze, wystawione są na przemożną tendencję wzrastania entropii, na tendencję zanikania informacji w procesie jej przekazywania - o ile nie wprowadza się z zewnątrz czynników, które by mogły to zjawisko opanować. Wspomniałem już o ciekawym poglądzie filologa o nastawieniu cybernetycznym, a mianowicie, że mowa jest grą prowadzoną wspólnie przez mówiącego i słuchającego przeciw siłom z zewnątrz. Na tej zasadzie dr Benoit Mandelbrot dokonał pewnych obliczeń rozkładu długości słów w optymalnym języku i porównał je z tym, co stwierdził o istniejących językach. Jego wyniki wskazują, że język pod pewnymi względami optymalny zawsze odznacza się określonym rozkładem długości słów. Rozkład ten różni się bardzo od tego, jaki spotykamy w językach sztucznych, esperanto czy volapüku. Z drugiej strony, zbliża się on w sposób uderzający do tego, co znajdujemy u większości języków naturalnych, które przetrwały próbę używania ich przez wieki. Wyniki badań Mandelbrota nie podają wprawdzie absolutnie sztywnego rozkładu długości słów, jego wzory zawierają pewne wielkości, czyli *parametry*, jak mówią matematycy, których wartość musi być dopiero określona. Lecz przy właściwym doborze parametrów teoretyczne wyniki Mandelbrota zgadzają się bardzo dokładnie z rozkładem słów w wielu istniejących językach; świadczy to, że wśród tych języków istnieje pewna naturalna selekcja, i że język, który zdoła przetrwać, przez sam fakt przetrwania i pozostawania w użyciu zmuszony będzie do przybierania formy niezbyt odległej od optymalnego rozkładu.

Próby, na jakie język jest wystawiony, mogą być różnego rodzaju. Język może walczyć albo tylko z tendencją natury do entropii, albo także i ze świadomymi dążeniami ludzi do wypaczania jego sensu<sup>7</sup>. Zwyczajna rozmowa prowadzona w celach porozumiewawczych, gdzie głównym przeciwnikiem jest entropijna skłonność natury, nie ma czynnego wroga, świadomego swych celów. Z drugiej strony, dyskurs typu prawniczego, jaki spotykamy w sądach, w ciałach ustawodawczych i tak dalej, napotyka na znacznie groźniejszego oponenta, którego świadomym celem jest ograniczenie, a nawet zniszczenie sensu wypowiedzi. Dlatego też adekwatna teoria języka jako gry powinna odróżniać obie te odmiany, z których jedna zmierza w pierwszym rzędzie do przekazania informacji, druga zaś - głównie do narzucenia własnego punktu widzenia wbrew świadomej opozycji. Nie wiem, czy jakkolwiek filolog poczynił jakiegokolwiek fachowe obserwacje i propozycje teoretyczne, niezbędne do rozróżnienia tych dwóch języków, służących naszym celom, lecz jestem pewien, że istnieją tu dwie zasadnicze odrębne formy. O języku prawniczym będę jeszcze mówił później, w rozdziale o języku i prawie.

Chęć zastosowania cybernetyki semantycznej, jako dyscypliny zapobiegającej utracie znaczenia w języku, dała już początek pewnym problemom. Wydaje się konieczne rozróżnienie pomiędzy

---

<sup>7</sup> Zastosowanie ma tutaj wyżej wspomniany aforyzm Einsteina.

informacją pojmowaną w sposób prymitywny a tym rodzajem informacji, na zasadzie której my, ludzie - lub, mutatis mutandis, maszyny - możemy skutecznie działać. Moim zdaniem, główna różnica i trudność wynika z tego, że dla działania ważna jest nie ilość informacji, lecz raczej ta ilość informacji, która może przedostać się do aparatu komunikacyjnego i pamięciowego w taki sposób, aby wywołać działanie.

Powiedziałem już, że wszelkie przekazywanie wiadomości oraz wtrącanie się do procesu ich przekazywania zmniejsza ilość zawartych tam informacji, chyba że wprowadzi się nową informację, albo z nowych doznań, albo ze wspomnień przedtem wyłączonych z systemu informacyjnego. Stwierdzenie to, jak widzieliśmy, jest inną wersją drugiego prawa termodynamiki. Weźmy teraz pod uwagę system informacyjny potrzebny do kierowania elektrownią-podstacją, o której była mowa wcześniej. Ważna jest nie tylko informacja wprowadzona na linię, ale i to, co z niej zostanie, gdy przejdzie przez całe urządzenie, aby wreszcie spowodować otwarcie lub zamknięcie śluz, synchronizację pracy generatorów i tak dalej. W pewnym sensie urządzenie końcowe można uważać za filtr nałożony na linię transmisyjną. Z cybernetycznego punktu widzenia informacja w znaczeniu semantycznym określa to, co przedostaje się przez linię oraz filtr, a nie tylko przez linię. Innymi słowy, gdy słyszę jakąś melodię, większa część dźwięków dochodzi do moich narządów zmysłu i dociera do mózgu. Jeżeli jednak brak mi zdolności i wyrobienia potrzebnego do estetycznego pojmowania struktury muzycznej, informacja zostanie zablokowana; gdybym natomiast był wykształcony muzycznie, trafiłaby ona na strukturę lub organizację interpretującą, która pokazałaby konstrukcję utworu w zrozumiałej formie; z kolei doprowadziłoby to do oceny estetycznej i dalszego rozumienia. Zarówno w maszynie, jak i u człowieka informacja o znaczeniu semantycznym jest informacją przedostającą się poprzez mechanizm wyzwalający w systemie, który ją odbiera pomimo wysiłków człowieka lub natury, aby do tego nie doszło. Z punktu widzenia cybernetyki semantyka ustala zakres znaczenia i przeciwdziała jego zanikowi w systemie komunikacyjnym.

## Rozdział V

### Organizacja jako wiadomość

Rozdział ten będzie zawierał elementy fantazji. Fantazja zawsze była na usługach filozofii, a Platon nie wstydził się wyrazić swej epistemologii poprzez metaforę grotu. Dr J. Bronowski zwrócił między innymi uwagę na fakt, że matematyka, którą niemal wszyscy uważamy za najbardziej rzeczową z nauk, jest największą metaforą, jaką sobie możemy wyobrazić, i że należy ją oceniać zarówno z estetycznego, jak i z intelektualnego punktu widzenia, według tego, w jakim stopniu ta metafora jest trafna.

Metafora, której zamierzam poświęcić ten rozdział, polega na stwierdzeniu, że organizm należy traktować jak rodzaj sygnału. Organizm przeciwstawia się chaosowi, dezintegracji, śmierci, podobnie jak sygnał telefoniczny przeciwstawia się szumowi. Opisuując organizm nie staramy się wymienić każdej jego molekuly, nie katalogujemy każdej jego cząstki, lecz staramy się odpowiedzieć na pewne pytania, pozwalające nam odkryć jego strukturę, która jest tym bardziej doniosła i tym mniej prawdopodobna, im dany organizm jest, że tak powiem, organizmem bardziej jednolitym.

Widzieliśmy, że pewne organizmy, jak np. organizm ludzki, mają tendencję do utrzymywania przez jakiś czas, a nawet do podwyższania poziomu własnej organizacji, tworząc lokalną enklawę w ogólnym strumieniu rosnącej entropii, chaosu i upodobnienia. Życie jest wysepką w konającym



świecie. Proces, dzięki któremu my, żywe istoty, stawiamy opór temu strumieniowi destrukcji i rozkładu, znany jest pod nazwą homeostazy.

Możemy żyć tylko w bardzo specjalnym otoczeniu, które utrzymujemy wokół siebie, dopóki nie zaczniemy się rozkładać szybciej niż regenerować. Wtedy umieramy. Jeżeli temperatura naszego ciała odchyli się od normalnego poziomu 36,6°C, zauważamy to; a jeśli wzrośnie o więcej niż o pięć stopni, na pewno umrzemy. Tlen, dwutlenek węgla i sól w naszej krwi, hormony wyływające z gruczołów dokrewnych - wszystko to regulowane jest przez mechanizmy, które mają tendencję do opierania się wszelkim niepożądanym zmianom poziomów stężeń tych substancji. Mechanizmy te nazywamy homeostatami; działają one na zasadzie ujemnego sprzężenia zwrotnego, podobnie jak w automatach.

Struktura utrzymywana dzięki homeostazie jest właśnie probierzem naszej tożsamości jako indywidualnych osób. Nasze tkanki zmieniają się za naszego życia: pobierane pokarmy i wdychane powietrze stają się krwią z naszej krwi i kością z naszej kości, a dawne składniki naszej krwi i kości opuszczają codziennie nasze ciało w wydalinach. Jesteśmy tylko wirami na wciąż płynącej rzece; nie substancją niezmienną, lecz stale regenerującą się strukturą.

Struktura jest wiadomością i może być przekazywana jako wiadomość. Czyż radio nie przekazuje struktury dźwięków, a telewizja - struktury światła? Rzeczą zabawną i pouczającą jest rozważenie, co by się stało, gdybyśmy mogli przekazać układ materialny, całą strukturę organizmu ludzkiego, ludzkiego mózgu z jego pamięcią i wewnętrznymi połączeniami tak, aby hipotetyczny aparat odbiorczy mógł z powrotem przekształcić tę wiadomość, zdolną kontynuować dotychczasowe procesy odbywające się w ciele i w mózgu, i utrzymać poprzez homeostazę całość tej struktury, konieczną do jej zachowania.

Wkroczmy w dziedzinę fantazji naukowej. Jakieś 45 lat temu Kipling napisał zdumiewającą nowelkę. Losy braci Wright były już wtedy znane, ale lotnictwo nie było jeszcze sprawą codzienną. Kipling nadał swej nowelce tytuł *With the Night Mail*, a opisywał w niej świat - w którym lotnictwo, tak jak dzisiaj, stało się rzeczą powszednią, zaś Atlantyk jeziorem, przez które można się przeprawić w ciągu jednej nocy. Kipling przypuszczał, że lotnictwo tak zjednoczy świat, iż wojna stanie się przeżytkiem, a wszystkie naprawdę ważne sprawy będą w rękach Urzędu Nadzoru Powietrza, zajmującego się głównie transportem powietrznym i „tym wszystkim, co z tego wynika”. Pisarz wyobrażał sobie, że w tych warunkach różne władze lokalne musiałyby formalnie lub faktycznie zrezygnować ze swych uprawnień na rzecz Urzędu Nadzoru Powietrza. Obraz, który maluje Kipling, ma w pewnym stopniu charakter faszystowski. Jest to zrozumiałe, jeśli weźmiemy pod uwagę jego intelektualne upodobanie, chociaż w sytuacji przez niego przedstawionej faszyzm nie jest warunkiem niezbędnym. Złoty wiek Kiplinga jest złotym wiekiem brytyjskiego pułkownika, który powrócił z Indii. Zamiłowanie Kiplinga do ciekawostek technicznych, powierzchownie rozumianych jako hałaśliwe systemy kręcących się kółek, sprawiło, że nacisk kładł raczej na szerokie możliwości przewozu ludzi niż na przenoszenie języka i pojęć. Nie zdawał sobie chyba sprawy z tego, że człowiek panuje i jest w pewnym sensie obecny wszędzie tam, dokąd sięga jego słowo i jego zdolność postrzegania. Widzieć cały świat i wydawać rozkazy całemu światu - to prawie to samo, co być wszędzie. Przy tych ograniczeniach Kipling miał jednak intuicję poety, a sytuacja, którą przewidział, zdaje się teraz szybko urzeczywistniać.

Aby sobie uzmysłwić większe znaczenie przekazywania informacji w porównaniu z transportem w sensie fizycznym, przypuśćmy, że jakiś architekt z Europy nadzoruje wznoszenie budynku w Stanach Zjednoczonych. Zakładam oczywiście, że na miejscu budowy jest odpowiedni sztab konstruktorów, kancelistów itp. W tych warunkach, nawet bez przesyłania lub otrzymywania

konkretnych, namacalnych przedmiotów, architekt może czynnie uczestniczyć w pracy przy budowie. Niech jak zwykle sporządza plany i specyfikacje. Nie ma obecnie powodów, dla których robocze egzemplarze planów i specyfikacji musiałyby być przekazywane na miejsce budowy na tym samym papierze, na którym je sporządzono w kreślarni architekta. Ultrafax umożliwia przekazanie kopii wszystkich dokumentów w ciągu ułamka sekundy, a otrzymane kopie są równie dobre, jak i oryginały. Architekt może być bieżąco informowany o postępie robót za pośrednictwem zdjęć fotograficznych, robionych co dzień lub kilka razy w ciągu dnia, a przekazywanych również za pomocą Ultrafaxy. Wszelkie uwagi lub wskazówki, jakich by nasz architekt chciał udzielić swojemu przedstawicielowi w miejscu budowy, może przekazać telefonicznie, dalekopisem lub przez Ultrafax. Krótko mówiąc, fizyczne przetransportowanie architekta i jego dokumentów można z doskonałym skutkiem zastąpić przez przekazywanie wiadomości, nie wymagające przenoszenia ani odrobiny materii z jednego końca linii na drugi.

Jeżeli rozważamy dwa rodzaje komunikacji: transport materialny i transport informacji, to dzisiaj człowiek może się przenieść z miejsca na miejsce tylko w sposób pierwszy, nie jako informacja, chociaż już teraz przekazywanie wiadomości rozszerza na cały świat zasięg ludzkich zmysłów i możliwość działania. W niniejszym rozdziale sugerowaliśmy już, że rozróżnienie pomiędzy transportem materialnym a przekazywaniem informacji nie jest w teoretycznym sensie trwałe i niezmiennie.

Wprowadza nas to głęboko w zagadnienie indywidualności ludzkiej. Kwestia natury ludzkiego indywidualizmu oraz bariery dzielącej jedną osobowość od drugiej jest równie stara, jak historia. Religia chrześcijańska, podobnie jak jej śródziemnomorskie poprzedniczki, ucieleśniła to w pojęciu duszy. Chryścijanie twierdzą, że jednostka posiada duszę, która powstała w chwili poczęcia, lecz będzie istnieć przez wieczność: albo wśród błogosławionych, albo wśród potępionych, względnie w otchłani, której istnienie wiara chrześcijańska dopuszcza.

Tradycja buddyjska, podobnie jak chrześcijańska, obdarza duszę trwałym istnieniem po śmierci, lecz ma to być istnienie w ciele innego zwierzęcia raczej, niż w jakimś niebie czy piekle. Są wprawdzie buddyjskie nieba i piekła, ale pobyt duszy jest tam z reguły czasowy. Dopiero w ostatecznym niebie buddyjskim, w stanie nirwany, dusza zatracą odrębną tożsamość i pochłonięta zostaje przez Wielką Duszę Świata.

Powyższe poglądy nie korzystały z przywileju wpływu nauki. Najciekawsze filozoficzne ujęcie nieśmiertelności duszy pochodzi od Leibniza, który wyobrażał sobie duszę jako należącą do szerszej klasy trwałych substancji duchowych, nazwanych przez niego monadami. Monady trawią całe swe istnienie od chwili stworzenia na oglądaniu się wzajemnym, z tym że jedne postrzegają z wielką jasnością i wyraziście, inne zaś w sposób zamazany i nieostry. To postrzeganie nie jest związane z żadnym prawdziwym wzajemnym oddziaływaniem monad na siebie. Monady „nie mają okien”; w chwili stworzenia świata zostały tak nastawione, że przez całą wieczność zachowują między sobą z góry określone stosunki. Są one niezniszczalne.

Za filozoficzną koncepcją monad Leibniza kryją się bardzo ciekawe spekulacje filozoficzne. W jego właśnie czasach Leeuwenhoek po raz pierwszy zastosował mikroskop do badania bardzo drobnych zwierząt i roślin. Między innymi dojrzał w świecie zwierzęcym plemniki. U ssaków plemniki są bez porównania łatwiejsze do wykrycia i obejrzenia niż jaja. U ludzi jaja są wydalane pojedynczo, a niezapłodnione jaja i bardzo wczesne embriony były do niedawna rzadkością w kolekcjach anatomicznych. Toteż dawni badacze ulegli zrozumiącej pokusie, żeby uważać plemniki za jedynie ważny element w rozwoju młodych i całkowicie pomijali możliwość nie zaobserwowanego jeszcze wtedy zjawiska zapłodnienia. Ponadto wyobraźnia kazała im widzieć w przedniej części lub głowie

plemnika maleńki płód zwinięty głową ku przodowi. Przypuszczano, że płód ten zawiera w sobie z kolei plemniki, które rozwiną się w następne pokolenie płodów, a potem osobników dojrzałych, i tak dalej *ad infinitum*. Przypuszczano, że osobniki żeńskie były jedynie karmicielkami plemników.

Z obecnego punktu widzenia pogląd taki jest po prostu błędny. Plemnik i jajo odgrywają niemal równą rolę przy determinowaniu dziedzicznego wyposażenia osobnika. Ponadto zarodki przyszłego pokolenia są w nich zawarte *in posse*, a nie *in esse*. Materia nie jest nieskończenie podzielna, a nawet nie daje się dzielić na dowolnie drobne części; toteż kolejne zmniejszenia, potrzebne do tego, żeby dać w wyniku leeuwenhoekowski plemnik umiarkowanie wysokiego rzędu, wyprowadziłyby nas bardzo szybko poza wielkości rzędu elektronów.

W przeciwieństwie do koncepcji Leibniza obecnie panuje pogląd, że trwanie osobnika ma dokładnie określony początek w czasie, lecz może mieć także koniec w czasie bez śmierci tego osobnika. Jak dobrze wiadomo, pierwszy podział komórki zapłodnionego jaja żaby daje w wyniku dwie komórki, które w odpowiednich warunkach można oddzielić. Jeśli je tak oddzielić, każda rozwinie się w żabę. Jest to po prostu normalne zjawisko bliźniąt jednojajowych, powstałe w takiej sytuacji, gdzie anatomiczna dostępność embrionu umożliwia eksperymentowanie. Takie samo zjawisko zachodzi w przypadku bliźniąt jednojajowych u ludzi, jest zaś ono regułą u tych pancerników, które za każdym razem wydają na świat czworaczki jednojajowe. To samo zjawisko daje również początek potworom o częściowo podwójnej budowie, jeśli oddzielenie się dwóch części embriona nie jest zupełne.

Ten problem bliźniąt może się na pierwszy rzut oka nie wydawać tak ważny, jak jest w istocie, gdyż nie dotyczy on zwierząt, ani też ludzi obdarzonych tym, co można by uznać za dobrze rozwinięty umysł: duszę. Nawet kwestia potworów - o podwójnej budowie niedostatecznie rozdzielonych bliźniąt - nie jest tu istotna, gdyż potwory takie, jeśli są zdolne do życia, muszą zawsze mieć albo pojedynczy centralny system nerwowy, albo parę dobrze rozwiniętych i oddzielnych mózgów. Trudność powstaje na innym poziomie - rozszczepionych osobowości.

Kilkadziesiąt lat temu dr Morton Prince z Harvardu opisał przypadek dziewczyny, w której ciele kilka lepiej lub gorzej rozwiniętych osobowości zdawało się następować jedna po drugiej, a nawet do pewnego stopnia współistnieć. U psychiatrów panuje teraz moda, żeby kręcić nosem na wzmiankę o pracy dra Prince'a i przypisywać to zjawisko histerii. Możliwe, że rozdział osobowości nigdy nie był tak kompletny, jak to Prince czasami przypuszczał, ale w każdym razie rozdział taki był faktem. Termin „histeria” odnosi się do zjawiska dobrze zaobserwowanego przez lekarzy, lecz tak mało wyjaśnionego, że może on być uważany za określenie zbudowane na zasadzie *petitio principii*.

Jedno jest w każdym razie pewne: fizyczna tożsamość jednostki nie polega na materii, z której się ta jednostka składa. Współczesne metody znakowania substancji biorących udział w przemianie materii wykazały dużo szybszy, niż dawniej uważano za możliwe, cykl odnawiania się nie tylko w odniesieniu do całego ciała, lecz także do każdej jego części. Biologiczna indywidualność organizmu zdaje się polegać na pewnej ciągłości procesu i na pamiętaniu przez organizm skutków jego wcześniejszego rozwoju. Jak się wydaje, dotyczy to również rozwoju umysłowego. Operując pojęciami mającymi zastosowanie do elektronowych maszyn liczących, indywidualność umysłu polega na zachowaniu dawniejszego programowania i pamięci oraz na stałym rozwoju według uprzednio wytyczonych linii.

Skoro maszyna licząca może być użyta za wzór do programowania innej maszyny, i wówczas dalszy rozwój obu takich maszyn będzie się odbywał równolegle (pomijając przyszłe zmiany w programowaniu i doświadczenie), nie ma również sprzeczności w tym, że żyjący osobnik rozdzieli się lub rozszczepi na dwóch osobników mających wspólną przeszłość, ale z upływem czasu coraz bardziej różniących się od siebie. To właśnie dzieje się z bliźniętami jednojajowymi. Nie ma jednak powodów do przypuszczenia, iż podobne rozszczepienie może się zdarzyć z umysłem.

Powracając do języka odnoszącego się do mechanizmów - maszyna, zmontowana poprzednio jako jedna całość, może w pewnym momencie zostać podzielona na części posiadające większy lub mniejszy stopień samodzielności. Byłoby to możliwe wyjaśnienie spostrzeżeń dr Prince'a.

Można też sobie wyobrazić, że dwie duże maszyny, pierwotnie ze sobą nie połączone, zostały sprzężone, tak że od tego momentu pracują jak jedna maszyna. Coś takiego dzieje się przy połączeniu komórek rozrodczych, natomiast nie zdarza się na poziomie, który potocznie określilibyśmy jako umysłowy. Tożsamość umysłu, konieczna dla religijnej koncepcji duszy indywidualnej, na pewno nie istnieje w żadnym absolutnym sensie, który byłby do przyjęcia przez Kościół.

Streszczając: indywidualność ciała przypomina raczej płomień niż kamień, raczej formę niż kawałek substancji. Forma ta może być przekazana, zmieniona lub powielona, chociaż obecnie umiemy ją powielać tylko na krótkim odcinku czasu. Kiedy komórka dzieli się na dwie lub gdy jeden z genów przenoszących nasze dziedzictwo cielesne i umysłowe rozpada się, aby się przygotować do redukcyjnego podziału komórki rozrodczej, mamy do czynienia z oddzieleniem się materii, uwarunkowanym zdolnościami żywej tkanki do powielania się. Ponieważ tak jest, nie istnieje absolutne rozróżnienie pomiędzy rodzajami przekazywania, stosowanymi przy wysyłaniu telegramu z kraju do kraju, a rodzajami przekazywania – przynajmniej teoretycznie możliwymi - gdy chodzi o przekazanie żywego organizmu, takiego jak istota ludzka.

Założmy, że koncepcja, iż ktoś mógłby podróżować za pomocą telegrafu, tak jak pociągiem lub samolotem, nie jest w zasadzie absurdalna, choć może bardzo daleka od urzeczywistnienia. Trudności są oczywiście ogromne. Można ocenić skalę informacji przekazywanej przez wszystkie geny komórki rozrodczej i w ten sposób określić ilość informacji odziedziczonej, posiadanej przez człowieka, w porównaniu z informacją nabytą w drodze uczenia się. Aby wiadomość zakodowana w genach miała znaczenie, musi przekazywać co najmniej tyle informacji, co *Encyclopedia Britannica*. Jeśli porównamy liczbę niesymetrycznych atomów węgla we wszystkich molekułach komórki rozrodczej z ilością kropek i kresek potrzebnych do zakodowania tej encyklopedii, przekonamy się, że atomy dysponują znacznie większą skalą wiadomości. Zastanawia to zwłaszcza wówczas, gdy sobie uświadomimy warunki potrzebne do przetelegrafowania takiej wiadomości. Przebadanie organizmu ludzkiego musi jak sonda dotrzeć do wszystkich jego cząstek, łącząc z tym tendencję do niszczenia po drodze tkanek. Utrzymanie organizmu w równowadze, podczas gdy jego część jest powoli niszczona, w celu odtworzenia jej gdzieś indziej z innego materiału, wymaga obniżenia stopnia aktywności, co w większości wypadków zabiłoby życie w tkankach.

Innymi słowy, fakt, że nie potrafimy przetelegrafować struktury człowieka z jednego miejsca do innego, wydaje się być wynikiem trudności technicznych, a zwłaszcza trudności zachowania żywego organizmu w czasie tak radykalnej jego rekonstrukcji. Sama koncepcja jest w wysokim stopniu do przyjęcia. A co do radykalnej rekonstrukcji żywego organizmu, to trudno o bardziej radykalną niż losy motyla w okresie, gdy jest poczwarką.

Napisałem to wszystko nie dlatego, żeby uprawiać prozę fantastyczno-naukową na temat przetelegrafowania człowieka, lecz dlatego, że to może pomóc w rozumieniu faktu, iż podstawową koncepcją komunikacji jest przekazywanie wiadomości, a fizyczne przekazywanie materii i wiadomości jest tylko jedną z możliwych dróg do osiągnięcia tego celu. Kiplingowską argumentację o roli komunikacji w świecie współczesnym dobrze jest rozważyć z punktu widzenia komunikacji, która przede wszystkim polega na przekazywaniu informacji, nie zaś na transporcie ludzi.

## Rozdział VI

### Prawo i komunikacja

Prawo można określić jako etyczną kontrolę w odniesieniu do komunikacji i do języka jako do pewnej formy komunikacji, zwłaszcza gdy ta normatywna funkcja jest sprawowana przez jakąś władzę, dostatecznie silną, by nadać swym decyzjom skuteczną sankcję społeczną. Jest to proces dostosowywania sprzężeń (*couplings*), łączących zachowanie się różnych jednostek, w celu uzyskania warunków do zapewnienia tego, co nazywamy sprawiedliwością, warunków, które umożliwią unikanie sporów lub pozwolą je rozsądzać. Tak więc teoria i praktyka prawa obejmuje co najmniej dwa rodzaje problemów: 1) odnoszące się do ogólnego celu prawa i koncepcji sprawiedliwości; 2) odnoszące się do techniki, za pomocą której tę koncepcję sprawiedliwości można wprowadzić w życie.

Z empirycznego punktu widzenia koncepcje sprawiedliwości spotykane w dziejach są równie zróżnicowane, jak religie lub kultury zarejestrowane przez antropologów. Wątpię, czy można uzasadnić je jakąś wyższą sankcją niż nasz własny kodeks moralny, który jest tylko inną nazwą naszej koncepcji sprawiedliwości. Jako wyznawca poglądu liberalnego, którego główne korzenie tkwią w tradycji zachodniej, lecz który na Wschodzie objął kraje o silnej tradycji intelektualnej i moralnej, które w istocie wiele przejęły z Zachodu, mogę jedynie oświadczyć, co ja sam i moje otoczenie uważamy za konieczne dla istnienia sprawiedliwości. Najlepiej wyrażają to hasła Rewolucji Francuskiej: *Liberté, Egalité, Fraternité*. Znaczą one: swobodę dla każdej istoty człowieczej w nieskrępowanym rozwijaniu całej pełni możliwości ludzkich tkwiących w danej jednostce; równość, na mocy której to, co jest słuszne dla A i dla B, pozostaje słuszne, gdy A i B zamienią się rolami; dobrą wolę w stosunkach między ludźmi, nie znającą ograniczeń z wyjątkiem tych, które zakłada poczucie człowieczeństwa. Te wielkie zasady sprawiedliwości znaczą, że nikt siłą swego stanowiska nie może wymusić korzystnej dla siebie transakcji. Przymus, który się może okazać niezbędny dla samego istnienia zbiorowości i państwa, musi być stosowany bez niepotrzebnego uszczuplenia wolności.

Ale nawet największa doza ludzkiej przyzwoitości i liberalizmu nie zapewni sama przez się ustawodawstwa słusznego i wygodnego w stosowaniu. Prócz uczynienia zadość ogólnym zasadom sprawiedliwości prawo musi być tak jasne i powtarzalne, żeby dany obywatel mógł z góry zorientować się w swych prawach i obowiązkach, zwłaszcza tam, gdzie zdają się one kolidować z prawami innych osób. Musi mieć możliwość ustalenia z rozsądnym stopniem pewności, jakie stanowisko zajmie w jego sprawie sędzia lub sąd przysięgłych. Jeśli nie może tego uczynić, ustawodawstwo, choćby najlepsze w zamierzeniach jego twórców, nie pozwoli mu żyć bez procesów sądowych i niepewności.

Spójrzmy na tę sprawę z najprostszego punktu widzenia, a mianowicie z punktu widzenia umowy.

A podejmuje się wykonanie pewnej usługi, która na ogół będzie korzystna dla B, podczas gdy B podejmuje się w zamian dokonania usług lub zapłaty korzystnej dla A. Jeśli jest niedwuznacznie jasne, na czym mają polegać obowiązki i świadczenia każdej ze stron, i jeśli jedna strona nie ucieka się do sposobów narzucenia swej woli drugiej stronie - sposobów obcych samej naturze danej umowy, to wówczas określenie, czy transakcja oparta jest na zasadzie słuszności, można śmiało pozostawić osądowi obu układających się stron. Jeśli byłaby ona rażąco niesłuszna, należy przypuszczać, że przynajmniej jedna ze stron będzie mogła całkowicie uchylić się od takiej transakcji. Jednak jeśli terminologia prawna nie miałaby ustalonego znaczenia lub jeśli znaczenie to zmieniałoby się w zależności od takiego czy innego sądu, strony nie mogłyby same między sobą sprawiedliwie ustalić

treści transakcji. Tak więc pierwszym obowiązkiem prawa jest dopilnowanie, żeby prawa i obowiązki jednostki w danej sytuacji były określone niedwuznacznie. Ponadto wykładnia prawa powinna w miarę możliwości być niezależna od woli tych czy innych władz oraz od indywidualnej interpretacji przez nie stosowanej. Powtarzalność jest ważniejsza od równości, bo bez niej nie może istnieć równość.

Widać stąd, dlaczego w większości systemów prawnych precedens odgrywa wielką rolę teoretyczną, i dlaczego we wszystkich systemach odgrywa wielką rolę praktyczną. Istnieją systemy w założeniu oparte na pewnych abstrakcyjnych zasadach sprawiedliwości. Do kategorii tej należy prawo rzymskie oraz wywodzące się od niego systemy prawne większości krajów na kontynencie europejskim. W innych systemach, jak na przykład w prawie angielskim, mówi się wprost, że precedens jest główną podstawą myśli prawniczej. W obu wypadkach żadne nowe pojęcie prawnicze nie nabywa dokładnego znaczenia, zanim i on, i jego granice nie zostaną w praktyce określone - a to jest kwestia precedensu. Występować przeciw decyzji już dokonanej w konkretnym przypadku znaczy podważać jednoznaczność interpretacji języka prawniczego, a więc tym samym prowadzić do nieokreśloności i najprawdopodobniej do wynikającej z tego niesprawiedliwości. Każdy rozstrzygnięty przypadek powinien posuwać naprzód sprawę definicji danych pojęć prawniczych w sposób zgodny z wcześniejszymi decyzjami oraz prowadzić do nowych decyzji. Każdy szczegół sformułowania powinien być wypróbowany przez obyczaje danego środowiska oraz obyczaje tej dziedziny działalności ludzkiej, do której się odnosi. Sędziowie mający powierzone sobie zadania interpretowania prawa powinni wypełniać tę funkcję w takim duchu, żeby, jeśli sędziego A zastąpi sędzia B, zmiana ta nie pociągała za sobą istotnych zmian w interpretowaniu przez sąd ustaw i obyczajów. Oczywiście w pewnym stopniu musi to pozostać ideałem raczej niż *fait accompli*, ale jeżeli nie będziemy dążyli do tego ideału, będziemy mieli chaos, a co gorsza - i ziemię niczyją, gdzie ludzie nieuczciwi będą żerowali na różnicach w możliwych interpretacjach ustaw.

Wszystko to jest bardzo proste w przypadku umów, lecz w rzeczywistości rozciąga się także daleko na inne dziedziny prawa, zwłaszcza cywilnego. Na przykład: A z powodu niedbalstwa swojego pracownika B uszkadza własność należącą do C. Kto i w jakiej części poniesie stratę? Jeśli byłoby to wszystkim z góry wiadome, to osoba ponosząca największe ryzyko mogłaby za swoją działalność pobierać wyższą cenę i w ten sposób się zabezpieczyć. Tą drogą przekreśli ona w znacznym stopniu skutki swego niekorzystnego stanowiska. Ogólny efekt polega na przerzuceniu straty na zbiorowość, aby nikt nie został zrujnowany. Tak więc prawo dotyczące odpowiedzialności cywilnej ma naturę nieco zbliżoną do prawa dotyczącego umów. Wszelka odpowiedzialność prawna pociągająca za sobą nadmierne ryzyko strat z reguły zmusi osobę mającą ponosić straty do przerzucenia ryzyka na całą zbiorowość; może się to wyrazić w formie wyższych cen za towary lub wyższych opłat za usługi. Tu także, jak w przypadku umów, niedwuznaczność, precedens i dobra tradycja przejrzystej interpretacji znaczą więcej niż teoretyczna słuszność, zwłaszcza w zakresie oceny odpowiedzialności.

Bywają oczywiście wyjątki. Na przykład dawne prawo przewidujące karę więzienia za długi było sprzeczne z pojęciem słuszności, gdyż osobę zobowiązaną do spłacenia długu stawiało w sytuacji, w której miała ona właśnie najmniejsze możliwości zdobycia środków na spłatę swych zobowiązań. Istnieje i teraz wiele praw sprzecznych z pojęciem słuszności, ponieważ zakładają one swobodę wyboru dla jednej ze stron, która ze względu na warunki społeczne swobody tej nie posiada. To, co powiedziano o karze więzienia za długi, odnosi się również na przykład do peonażu oraz wielu innych zwyczajowych instytucji społecznych.

Jeśli mamy popierać filozofię wolności, równości i braterstwa, to oprócz żądania, by zagadnienie odpowiedzialności prawnej było sformułowane niedwuznacznie, musimy się domagać tego, żeby nie istniały sytuacje, w których jedna ze stron ma swobodę działania, podczas gdy druga działa pod

przymusem. Dzieje naszego postępowania z Indianami pełne są takich przykładów, ilustrujących zarówno niebezpieczeństwo przymusu, jak i niebezpieczeństwo dwuznaczności. Od bardzo wczesnego okresu kolonizacji Indianie nie mieli ani dość ludności, ani odpowiedniej broni, żeby dla białych być mniej więcej równorzędnym partnerem, zwłaszcza w rokowaniach w sprawie tzw. traktatów o ziemi, zawieranych między białymi a Indianami. Do tej jaskrawej niesprawiedliwości dochodziła bodaj jeszcze większa niesprawiedliwość natury semantycznej. Indianie, jako lud myśliwski, nie znali pojęcia ziemi jako własności prywatnej. Nie istniała dla nich taka forma własności, jak własność gruntu, chociaż mieli pojęcie prawa do polowania na określonym obszarze. W traktatach z osadnikami pragnęli oni przekazywać im tylko prawa do polowania na pewnych terenach. Z drugiej strony biali sądzili, jeśli przyjąć najkorzystniejszą interpretację ich postępowania, że Indianie odstępowali im pełne prawo własności. W tych warunkach nie mogły istnieć nawet pozory sprawiedliwości - i nie istniały.

Tą dziedziną prawa w krajach zachodnich, która obecnie najmniej zadowala, jest prawo karne. Prawo zdaje się uważać karę - to za groźbę mającą odstraszyć ewentualnych innych przestępców, to za rytualny akt ekspiacji ze strony winnego, to za sposób izolowania go od społeczeństwa i ochrony tegoż przed niebezpieczeństwem dalszych przestępstw, to znów za metodę społecznego i moralnego wychowania jednostki. Są to cztery odrębne zadania, które należy wykonywać odrębnymi metodami, a jeśli nie znamy dokładnie ich właściwej proporcji, cała nasza postawa wobec przestępcy chybia celu. Obecnie prawo karne przemawia to jednym językiem, to drugim. Dopóki społeczeństwo nasze nie zdecyduje się, czy chodzi mu o ekspiację, czy o izolację, czy o wychowanie, czy o odstraszenie potencjalnych przestępców, nie osiągnie żadnego z tych celów. Jedynym wynikiem będzie zamęt, w którym zbrodnia rodzi nową zbrodnię. Kodeks karny oparty w 25% na osiemnastowiecznej angielskiej skłonności do wieszania, w 25% na chęci izolowania przestępcy od społeczeństwa, w 25% na niezdecydowanej polityce wychowawczej, a w 25% na polityce wieszania jednej martwej wrony w celu odstraszenia pozostałych - nie prowadzi do niczego.

Powiedzmy to w ten sposób: pierwszym obowiązkiem prawa - bez względu na to, jakie są jego dalsze obowiązki - jest wiedzieć, czego chce. Pierwszym obowiązkiem ustawodawcy i sędziego winny być jasne, niedwuznaczne sformułowania, które nie tylko eksperci, ale i zwykli ludzie będą interpretować w jeden i tylko jeden sposób. Technika interpretacji dawniejszych orzeczeń sądu musi być taka, żeby prawnik wiedział nie tylko to, co sąd orzekł, ale żeby z dużym prawdopodobieństwem mógł przewidzieć, co sąd orzeknie. Dlatego też problemy prawa trzeba uznać za należące do cybernetyki i teorii porozumiewania się: są to problemy określonych i powtarzalnych metod panowania nad pewnymi sytuacjami krytycznymi.

W wielu dziedzinach prawa nie ma zadowalającej zgodności semantycznej pomiędzy tym, co prawo chce powiedzieć, a sytuacją, do której się odnosi. Wszędzie tam, gdzie powstaje taki brak zgodności teoretycznej, mamy do czynienia z taką samą ziemią niczyją, jak w przypadku dwóch niezrelacjonowanych systemów monetarnych. Brak wspólnego kryterium dla sądów lub systemów monetarnych zawsze daje pole do działania nieuczciwym pośrednikom, przyjmującym świadczenia, bądź finansowe, bądź moralne, jedynie według zasad dla nich najkorzystniejszych oraz wykonującym świadczenia wyłącznie według zasad, przy których tracą najmniej. We współczesnym społeczeństwie największą okazją dla przestępcy jest stanowisko nieuczciwego maklera, dokonującego transakcji lukami w prawie. Wykazałem poprzednio, że szum, traktowany jako czynnik zakłócający porozumiewanie się między ludźmi, jest elementem szkodliwym, ale nie świadomie złośliwym. Jest to prawda, jeśli chodzi o porozumiewanie się o charakterze naukowym, a w znacznym stopniu także w zwykłej rozmowie między dwoma osobami. Jest to najbardziej nieprawdziwe, gdy chodzi o język używany w sądach.

Cały charakter naszego systemu prawnego polega na konflikcie. Jest to rozmowa, w której biorą udział co najmniej trzy strony - w procesie ogólnym są to: powód, pozwany i system prawny, reprezentowany przez sędziego i ławę przysięgłych. Jest to gra w pełnym sensie von Neumanna, gra, w której uczestnicy sporu metodami określonymi przez kodeks starają się pozyskać sobie sędziego i ławę przysięgłych jako swoich partnerów. W takiej grze prawnik drugiej strony, w przeciwieństwie do przyrody, potrafi i z rozmysłem stara się wprowadzić zakłócenia do komunikatów przekazywanych przez stronę, przeciwko której występuje. Stara się sprowadzić te komunikaty do nonsensu, i z rozmysłem zakłóca porozumiewanie się jego przeciwnika z sędzią i przysięgłymi. Przy takim zakłócaniu jest rzeczą nieuniknioną, że czasami bluff przynosi korzyść. Nie trzeba sięgać do powieści kryminalnych Erle'a Stanleya Gardnera i zawartych tam opisów postępowania sędziego, żeby się przekonać, że w pewnych razach bluffowanie lub nadawanie komunikatów mających na celu rozmyślnie zamaskowanie strategii nadawcy jest w postępowaniu procesowym nie tylko dozwolone, lecz zalecane.

## Rozdział VII

### Porozumiewanie się, tajność i polityka społeczna

Na międzynarodowej arenie ostatnie lata odznaczają się dwu przeciwnymi sobie, a nawet sprzeczными tendencjami. Z jednej strony, posiadamy bogatszą niż kiedykolwiek sieć narodowych i międzynarodowych środków porozumiewania się. Z drugiej strony, pod presją senatora McCarthy'ego i jego naśladowców, i pod wpływem ślepego i przesadnego utajniania informacji o charakterze wojskowym i niedawnych ataków na Departament Stanu nabieramy nawyków myślowych mających swój odpowiednik jedynie w dziejach Wenecji z okresu Odrodzenia.

Wówczas to niezwykle skrupulatna działalność ambasadorów weneckich, polegająca na zbieraniu wszelkich wiadomości (które są jednym z głównych źródeł naszej znajomości historii europejskiej), w połączeniu z narodową zawiścią na tle różnych tajemnic, doprowadziła do takiego stanu, że państwo to nakazywało skrytobójcze mordowanie rękodzielników-emigrantów, aby tylko zachować wenecki monopol na pewne wybrane działy rzemiosła. Współczesna zabawa w policjantów i złodziei przypomina dawny włoski melodramat, ale przedstawiany teraz na znacznie większej scenie, w którym sztylety ukryte w fałdach płaszców grały główną rolę.

Włochy z okresu Odrodzenia były również widownią bólów porodowych współczesnej nauki. Jednak dzisiejsza nauka jest znacznie większym przedsięwzięciem, niż była w renesansowych Włoszech. W świecie współczesnym wydaje się możliwe zbadanie wszystkich elementów informacji i tajności z większą dojrzałością i obiektywnością niż ta, która cechowała myśl z epoki Machiavellego. Jest to tym realniejsze, że - jak widzieliśmy - studia nad porozumiewaniem się pozyskały taki stopień samodzielności i powagi, że stały się nauką samą w sobie. Cóż więc nauka współczesna ma do powiedzenia na temat pozycji i funkcji porozumiewania się i tajności?

Piszę tę książkę przede wszystkim dla Amerykanów, w których środowisku problemy informacji będą oceniane według podstawowego amerykańskiego kryterium - wartości towaru na wolnym rynku. Jest to oficjalna doktryna wchodząca w skład ortodoksyjnej wiary, której kwestionowanie jest dla mieszkańca Stanów Zjednoczonych coraz bardziej niebezpieczne. Warto może wskazać, że nie reprezentuje ona powszechnej podstawy ludzkich wartości. Nie odpowiada bowiem ani doktrynie Kościoła, mającego na względzie zbawienie duszy ludzkiej, ani doktrynie marksistowskiej, która



ocenia społeczeństwo zależnie od realizowania przez nie pewnych określonych ideałów ludzkiego dobrobytu. W typowo amerykańskim świecie informację spotka ten los, że stanie się ona czymś, co można kupić lub sprzedać.

Nie moją rzeczą jest wypowiedanie się, czy ta merkantylna postawa jest moralna czy niemoralna, prymitywna czy wyrafinowana. Zadanie moje polega na wykazaniu, że prowadzi ona do nieporozumień i niewłaściwego stosunku do informacji i pokrewnych jej pojęć. Wykażę to na przykładzie kilku dziedzin, zaczynając od prawa patentowego.

Patent, nadający wynalazcy ograniczony monopol w zakresie przedmiotu jego wynalazku, jest dla niego tym, czym statut dla przedsiębiorstwa. Nasze prawo patentowe i nasza polityka patentowa opiera się na filozofii własności prywatnej i wynikających zeń praw do takiej własności. Filozofia ta wyraża z dość dużym przybliżeniem rzeczywistą sytuacją kończącego się obecnie okresu, kiedy to wynalazków dokonywali przeważnie biegli rzemieślnicy w swych warsztatach. Nie stanowi ono jednak nawet jako tako wiernego obrazu sytuacji, w której obecnie powstają wynalazki.

Urząd patentowy wychodzi z założenia, iż drogą prób i błędów, będących nieodłączną częścią tego, co ogólnie nazywamy pomysłowością techniczną, rzemieślnik przechodzi z danego stopnia rozwoju techniki na wyższy etap, którego wyrazem staje się nowy aparat. Prawo odróżnia pomysłowość potrzebną do uzyskania takiej nowej kombinacji od pomysłowości innego rodzaju, potrzebnej do wykrywania faktów naukowych. Ten drugi rodzaj pomysłowości nazywany jest odkryciem praw natury, w Stanach Zjednoczonych, podobnie jak w wielu innych krajach uznających podobne zasady, kodeks odmawia odkrywcy wszelkich praw własności do prawa natury, jakie ten mógł odkryć. Zobaczymy, że rozróżnienie to miało charakter praktyczny, gdyż wynalazca-rzemieślnik wywodził się z zupełnie innej tradycji oraz innego środowiska niż człowiek nauki.

Daniela Doyce z *Maleńkiej Dorrit* Dickensa nie wolno pomylić z członkami Mudfog Association, opisanej przez tegoż autora gdzie indziej. Pierwszego Dickensa gloryfikuje jako rzemieślnika ze zdrowym rozsądkiem, grubymi kciukami robotnika fizycznego oraz uczciwością człowieka, który zawsze liczy się z faktami, podczas gdy Mudfog Association jest tylko pogardliwą nazwą, pod którą ukrywa się Brytyjskie Stowarzyszenie Popierania Nauki z wczesnego okresu. Dickens wyszydza je jako zbiorowisko chimerycznych i do niczego nie przydatnych marzycieli, posługując się przy tym językiem, jaki zadowoliliby Swifta opisującego projektodawców z Laputy.

Otóż współczesne laboratorium badawcze, takie jak w firmie Bell Telephone Company, zachowuje wprawdzie zmysł praktyczny Doyce'a, lecz w istocie składa się z prawników Mudfog Association. Jeśli weźmiemy Faradaya jako przykład wybitnego i w tym wczesnym okresie typowego członka Brytyjskiego Stowarzyszenia Popierania Nauki, to zamknijemy łańcuch prowadzący do badaczy z dzisiejszego laboratorium Bell Telephone Co. - poprzez Maxwella i Heavisida do Campbella i Shannona.

We wczesnej epoce nowoczesnych wynalazków nauka znacznie wyprzedziła robotnika. O poziomie sprawności technicznej decydował ślusarz. Za czasów Watta uważano, że tłok pasuje do cylindra, chociaż można było wsunąć pomiędzy nie cienką monetę sześciopensową. Stal używana na miecze i broje była produktem pracy rzemieślniczej, żelazo zaś pełnym żużla włóknowatym produktem pracy wytapiacza. Daniel Doyce miał jeszcze długo czekać, zanim będzie go mógł zastąpić uczonego typu Faradaya. Nic dziwnego, że polityka Wielkiej Brytanii, nawet jeśli reprezentował ją organ o tak słabym wzroku, jak Circumlocution Office Dickensa, za prawdziwego wynalazcę uważała Doyce'a, a nie panów z Mudfog Association. Rodzina Barnacle'ów, dziedzicznych biurokratów, mogła zniszczyć Doyce'a, zanim przestała go przenosić ze stanowiska na stanowisko, lecz po cichu obawiała się go

jako przedstawiciela nowej epoki przemysłu, która ich wypierała. W stosunku do panów z Mudfog Association nie odczuwano ani strachu, ani szacunku, ani zrozumienia.

W Stanach Zjednoczonych Edison reprezentuje dokładnie przejście od Doyce'a do ludzi z Mudfog Association. Sam miał wiele z Doyce'a, a jeszcze bardziej chciał za niego uchodzić. Lecz wielu spośród swego personelu wybierał z obozu Mudfog. Jego największym wynalazkiem było przemysłowe laboratorium badawcze, traktujące dokonywanie wynalazków jako zawód i pracę zarobkową. W jego ślady poszły laboratoria takich firm, jak General Electric Company, Westinghouse, Bell Telephone Co. itd., zatrudniające setki uczonych tam, gdzie Edison zatrudniał dziesiątki. Wynalazek - to nie była już pomysłowość rzemieślnika z warsztatu, lecz wynik obmyślonych i rozległych badań prowadzonych przez zespół odpowiednio dobranych uczonych.

Obecnie wynalazek traci charakter towaru ze względu na ogólną strukturę intelektualną powstających wynalazków. Co sprawia, że coś jest dobrym towarem? Głównie fakt, że dana rzecz może przechodzić z ręki do ręki zachowując w zasadzie swoją wartość, i że części tego towaru powinny się sumować tak samo, jak pieniądze, które się za nie płaci. Zdolność przechowywania się jest bardzo wygodną właściwością dobrego towaru. Na przykład dana ilość energii elektrycznej, z wyjątkiem drobnych strat, jest taka sama na obu końcach linii transmisyjnej, i problem ustalania słusznej ceny za energię elektryczną liczoną w kilowatogodzinach nie jest zbyt trudny. To samo odnosi się do prawa zachowania materii. Naszymi zwykłymi miernikami wartości są ilości złota, które jest szczególnie trwałym rodzajem materii.

Informacja natomiast nie może być tak łatwo zachowywana, gdyż - jak widzieliśmy - ilość komunikowanej informacji związana jest z nie dającą się sumować ilością, zwaną entropią, a różni się od niej znakiem algebraicznym i ewentualnie także absolutną wartością liczbową. Podobnie jak entropia w zamkniętym układzie ma skłonność do zwiększania się spontanicznie, tak informacja ma skłonność do zmniejszania się; podobnie jak entropia jest miarą bezładu, tak informacja jest miarą uporządkowania. Informacja i entropia nie przechowują się dobrze i w jednakowym stopniu nie nadają się na towar.

Rozpatrując informację lub uporządkowanie z ekonomicznego punktu widzenia weźmy jako przykład pewną sztukę złotej biżuterii. Jej wartość składa się z dwóch części: wartości złota oraz wartości „fasonu”, czyli sposobu wykonania. Gdy ktoś przyniesie sztukę starej złotej biżuterii do lombardu lub do taksatora, trwałą wartością tego przedmiotu jest tylko wartość złota. To, czy za fason można uzyskać wyższą cenę, czy nie, zależy od wielu czynników, takich jak chęć dokonania transakcji ze strony sprzedającego, styl, który panował, gdy przedmiot ten został wykonany, artystyczne zalety samego wykonania, historyczna wartość przedmiotu z muzealnego punktu widzenia i niechęć dokonania transakcji ze strony nabywcy.

Niejedna fortuna przepadła przez to, że jej właściciel zignorował różnicę pomiędzy tymi dwoma rodzajami wartości: wartością złota i wartością „fasonu”. Rynek filatelistyczny, rynek rzadkich druków, rynek szkła typu Sandwich i mebli w stylu Duncan Phyfe - są to wszystkie rynki sztuczne w tym znaczeniu, że oprócz rzeczywistej przyjemności, jaką posiadanie danego przedmiotu daje właścicielowi, znaczna część wartości „fasonu” wynika nie tylko z rzadkości samego przedmiotu, lecz także z chwilowego istnienia czynnej grupy nabywców ubiegających się o niego. Depresja gospodarcza, ograniczająca liczbę ewentualnych nabywców, może zmniejszyć wartość przedmiotu cztero- lub pięciokrotnie, i w ten sposób wielki skarb staje się niczym wobec braku ubiegających się o niego nabywców. Niech jeszcze nowa moda odwróci uwagę zbieraczy, a dany przedmiot może w ogóle wypaść z rynku. Nie ma trwałego wspólnego mianownika dla gustów zbieraczy - chyba że chodzi o najwyższy poziom wartości estetycznych. Ale nawet wówczas ceny płacone za arcydzieła

malarstwa są odbiciem olbrzymiego pragnienia nabywców, aby zdobyć uznanie dla swego bogactwa i znanstwa.

Problem dzieła sztuki jako towaru wyłania wiele kwestii ważnych dla teorii informacji. Po pierwsze, poza tymi zbieraczami, którzy wszystko, co posiadają, trzymają zawsze pod kluczem, fizyczne posiadanie dzieła sztuki nie jest ani wystarczające, ani konieczne do cieszenia się nim. Są nawet pewne kategorie dzieł sztuki, które z natury są raczej publiczne niż prywatne w swoim oddziaływaniu, i w stosunku do których kwestia posiadania jest niemal bezprzedmiotowa. Wielki fresk, a także i budynek, na którego ścianach taki fresk się znajduje, nie jest przecież papierem wartościowym. Ktokolwiek jest formalnie posiadaczem takich dzieł sztuki, musi je dzielić przynajmniej z tymi, którzy bywają w tym budynku, a często właściwie ze wszystkimi. Fresków tych nie da się zamknąć w kasie ogniotrwałej i rozkoszować się nimi podczas obiadu wydanego dla kilku znawców, ani nie można ich zamknąć całkowicie jako rzeczy stanowiącej ściśle prywatną własność. Niewiele fresków cieszy się takim przypadkowym odosobnieniem, jak ten, który zdobi dużą ścianę w meksykańskim więzieniu, gdzie Siqueiros, twórca tego fresku, odbywał karę za przestępstwo polityczne.

Tyle, jeśli chodzi o czysto fizyczne posiadanie dzieła sztuki. Problemy własności w sztuce tkwią dużo głębiej. Weźmy pod uwagę reprodukcje dzieł sztuki. Nie ulega wątpliwości, że najwspanialszych przeżyć artystycznych dostarczyć mogą tylko oryginały, lecz nie ulega również wątpliwości, że człowiek, który nigdy nie widział oryginału wielkiego dzieła sztuki, może sobie wyrobić dobry smak w wielu dziedzinach i że twórczość artystyczna oddziałuje na zmysł estetyczny głównie za pośrednictwem dobrych reprodukcji. Podobnie jest z muzyką. Słuchacz zyskuje wprawdzie coś bardzo ważnego w zakresie oceny kompozycji muzycznej, jeśli jest fizycznie obecny przy wykonaniu, lecz jego przygotowanie do zrozumienia wykonania utworu tyle zawdzięcza słuchaniu dobrych płyt, że trudno powiedzieć, które z dwóch rodzajów przeżyć odgrywa większą rolę.

Z punktu widzenia własności prawo do reprodukcji objęte jest naszym prawem autorskim. Jednak są prawa, które nie mieszczą się w żadnym prawie autorskim, a które niemal automatycznie prowadzą do kwestii, czy ktokolwiek może być w pełni właścicielem tego, co tworzy.

Nasuwa się tu problem: na czym polega prawdziwa oryginalność. Na przykład w okresie wczesnego Odrodzenia odkrycie przez artystów zasad geometrycznej perspektywy było czymś nowym, i artysta mógł mieć wielką satysfakcję zręcznie wykorzystując te elementy. Dürer, Da Vinci i ich współcześni są dowodem zainteresowania, jakie czołowi artyści tamtych czasów okazywali nowemu odkryciu. Ponieważ jednak sztuka perspektywy, raz opanowana, szybko przestaje być interesująca, to, co było czymś wielkim w rękach odkrywców, obecnie jest do dyspozycji każdego malarza projektującego prospekty handlowe.

Co zostało powiedziane raz, może nie zasługiwać na powiedzenie po raz drugi. Toteż informacyjnej wartości obrazu lub utworu literackiego nie można ocenić nie wiedząc, co zawiera takiego, czego odbiorcy nie mogą łatwo znaleźć w innych dziełach współczesnych lub wcześniejszych. Tylko nowa informacja może być chociażby w przybliżeniu sumowana. Wtórna informacja pochodząca od drugorzędnej kopisty nie jest na pewno niczym nowym. Toteż typowa opowieść miłosna, typowa powieść kryminalna, przeciętnie znośna nowela z magazynu ilustrowanego tylko co do litery, lecz nie co do ducha podlegają prawu autorskiemu. Żadne sformułowanie prawa autorskiego nie zdoła zapobiec temu, by udany film nie znalazł naśladownictwa w postaci zalewu marnych filmów wykorzystujących drugą i trzecią warstwę zainteresowania odbiorców tymi samymi sytuacjami emocjonalnymi. Prawo autorskie nie zajmuje się ani nowymi teoriami matematycznymi, ani nowymi teoriami w rodzaju teorii doboru naturalnego, ani niczym innym prócz plagiatów - wyrażających te same teorie tymi samymi słowami.

Powtarzam, że przewaga frazesów nad oryginalnymi sformułowaniami nie jest rzeczą przypadku, lecz tkwi w samej naturze informacji. Prawo własności informacji znajduje się w położeniu niekorzystnym, a przy tym nie do uniknięcia: każda bowiem informacja, aby wnieść coś nowego do ogólnego zasobu informacji, posiadanego przez daną zbiorowość, musi w sposób istotny różnić się od dotychczasowego zasobu informacji. Nawet jeśli chodzi o wielkie, klasyczne dzieła literatury i sztuki, traciły one wiele ze swej wartości informacyjnej przez to, że ogół się z nimi zapoznał.

Chłopcy w szkole nie lubią Szekspira, bo ten wydaje się im po prostu zbiorem często cytowanych powiedzeń. Dopiero kiedy studiowanie takiego autora przeniknie głębiej, poza warstwę, która została wchłonięta przez powierzchowne frazesy danej epoki, wówczas możemy znowu nawiązać z nim kontakt informacyjny i nadać mu nowe i świeże wartości literackie.

Z tego punktu widzenia jest rzeczą interesującą, że bywają pisarze i malarze, którzy na skutek rozległego wykorzystania możliwości estetycznych i intelektualnych, dostępnych w danej epoce, wywierają niemal niszczycielski wpływ na swoich współczesnych i następców w ciągu wielu lat. Malarz taki, jak Picasso, który przeżywa wiele okresów i faz twórczości, ostatecznie wypowiada to wszystko, co jego epoka miała na końcu języka, i w ten sposób wyjawia z oryginalności swoich rówieśników i następców.

Ludzie na ogół rzadko sobie zdają sprawę z wewnętrznych ograniczeń informacji w roli towaru. Zwyczajny człowiek uważa, iż funkcją Mecenasa było skupowanie i gromadzenie dzieł sztuki, nie zaś zachęcanie artystów jego epoki do tworzenia. Żywi on też analogiczne przekonanie, że wojskowe i naukowe umiejętności narodu można zgromadzić w statycznych bibliotekach i laboratoriach, podobnie jak w arsenałach można zmagazynować broń z ostatniej wojny. Posuwa się nawet jeszcze dalej i sądzi, że informacje zdobyte przez laboratoria jego własnego kraju są moralnie własnością tegoż kraju, a posługiwanie się tymi informacjami przez inne narody nie tylko może być wynikiem zdrady, lecz ma z natury charakter kradzieży. Nie może sobie wyobrazić informacji bez właściciela.

Przekonanie, iż informacje można magazynować w stale zmieniającym się świecie bez ich gruntownej deprecjacji, jest błędne. Jest ono chyba nie mniej błędne niż pozornie prawdopodobiejsze twierdzenie, jakoby po wojnie moglibyśmy zebrać pozostałą broń, napełnić lufy oliwą, całość z zewnątrz pokryć warstwą kauczuku i kazać tej broni biernie czekać, aż nadejdzie następna potrzeba. Otóż wobec zmian w technice wojennej karabiny dają się magazynować dość dobrze, czołgi źle, a okręty liniowe i łodzie podwodne w ogóle nie dają się magazynować. Faktem jest, że skuteczność danej broni zależy przede wszystkim od tego, jaką bronią będzie dysponował przeciwnik, i od tego, jaka będzie koncepcja wojny. Prowadzi to - jak już się nieraz okazywało - do nadmiernych zapasów zmagazynowanej broni, co z kolei łatwo może doprowadzić do skostnienia koncepcji wojskowych. Dlatego też bardzo korzystna jest możliwość posiadania w nowej potrzebie swobody co do wyboru odpowiedniej broni.

Jak pokazuje przykład Wielkiej Brytanii, jest to również bardzo prawdziwe na płaszczyźnie gospodarczej. Anglia była pierwszym krajem, który przeszedł rewolucję przemysłową w całej pełni, i z tej wczesnej epoki odziedziczyła zbyt wąski rozstęp szyn kolejowych, wyposażenie fabryk bawełnianych w przestarzałe urządzenia oraz ograniczenia ustroju społecznego - co razem wzięte doprowadziło do sytuacji tak krytycznej, że sprostać jej mogły tylko przemiany, które w praktyce równają się rewolucji społecznej i przemysłowej. Wszystko to się dzieje w czasie, gdy kraje uprzemysławiające się najpóźniej mogą korzystać z najnowszych i najoszczędniejszych urządzeń, budować sieć kolejową, która będzie przewozić towary wagonami odpowiadającymi aktualnym wymaganiom gospodarczym, i w sumie mogą żyć raczej dniem dzisiejszym niż przeszłością.

Co się odnosi do Anglii, odnosi się także do Nowej Anglii, która przekonała się, że często dużo kosztowniejsza jest modernizacja przemysłu niż jego porzucenie i tworzenie od nowa gdzie indziej. Niezależnie od trudności wynikających z dość surowego prawa przemysłowego i zaawansowanej polityki w sprawach zatrudnienia, jedną z głównych przyczyn, dla których fabryki włókiennicze uciekają z Nowej Anglii, jest to, iż - szczerze mówiąc - nie chcą one być krępowane przez stuletnią tradycję. Tak więc nawet w najbardziej materialnej dziedzinie produkcja i bezpieczeństwo są na dłuższą metę sprawami ciągłych wynalazków i rozwoju.

Informacja bardziej jest kwestią procesu niż magazynowania. Ten kraj będzie się cieszył największym bezpieczeństwem, którego położenie w zakresie informacji i nauki pozwoli mu sprostać ewentualnym wymogom: będzie to kraj, którego obywatele zdawać sobie będą w pełni sprawę z tego, że informacja jest ważna jako etap w ciągłym procesie, w którym obserwujemy świat zewnętrzny i oddziałujemy na niego. Innymi słowy, żadna ilość badań naukowych, starannie zanotowana w książkach i artykułach, a następnie złożona w bibliotekach z napisem „tajne”, nie zdoła nas ochronić przez dłuższy czas w świecie, gdzie efektywny poziom informacji stale się podnosi. Dla mózgu nie ma linii Maginota.

Powtarzam, że być żywym - to znaczy brać udział w ciągłym strumieniu wpływów pochodzących ze świata zewnętrznego i oddziaływać na świat zewnętrzny, w czym stanowimy tylko etap przejściowy. W sensie przenośnym reagować na to, co się dzieje w świecie, znaczy brać udział w ciągłym rozwoju wiedzy i w jej nieskrępowanej wymianie. W normalnej sytuacji znacznie trudniejszą, a zarazem znacznie ważniejszą rzeczą jest upewnić się, że posiadamy odpowiednią wiedzę, niż upewnić się, że któryś z naszych ewentualnych wrogów jej nie posiada. Całe urządzenie laboratorium badań wojskowych opiera się na zasadzie szkodliwej dla optymalnego wykorzystania i rozwijania informacji.

W czasie ostatniej wojny nie tylko w mojej pracy, ale co najmniej w dwóch innych zupełnie odrębnych pracach wyłonił się problem równania całkowitego pewnego typu, do którego rozwiązania w jakimś stopniu się przyczyniłem. Zdawałem sobie sprawę, że w jednej z prac problem ten wystąpi, w drugiej natomiast minimalne zetknięcie się z nią uświadomiłoby mi ten fakt. Ponieważ jednak te trzy prace oparte na tym samym pomysłem należały do trzech zupełnie odrębnych zadań wojskowych o trzech zupełnie różnych poziomach tajności i zlokalizowanych w różnych miejscowościach, nie było sposobu, żeby informacja o wynikach pracy jednego zespołu mogła się przedostać do pozostałych dwóch. W konsekwencji trzeba było aż trzech niezależnych odkryć, żeby ich wyniki stały się dostępne dla wszystkich zainteresowanych. Zwłoka stąd powstała wyniosła od sześciu miesięcy do roku, a może nawet znacznie więcej. Z punktu widzenia kosztów, z którymi oczywiście w czasie wojny mniej się liczone, oznaczało to rok pracy wielu wysoko wynagradzanych osób. Nieprzyjaciel musiałby w niezwykle korzystny sposób zużytkować naszą pracę, by zadać nam straty równe tym, które ponieśliśmy dublując z konieczności robotę. Pamiętajmy przy tym, że nieprzyjaciel, nie mogąc uczestniczyć w wielu poufnych dyskusjach, nawet przy naszym systemie tajności, nie byłby w stanie ocenić i wykorzystać naszych wyników.

We wszystkich określeniach wartości informacji element czasu odgrywa istotną rolę. Na przykład szyfr czy kod, obejmujący znaczną ilość danych na wysokim poziomie tajności, jest zamkiem nie tylko trudnym do sforsowania, ale wymagającym sporo czasu do otwarcia przez osobę uprawnioną. Informacje taktyczne, pożyteczne w walce małych jednostek, prawie zawsze tracą wartość po godzinie lub dwóch. Jest mało ważne, czy dadzą się one rozszyfrować osobie niewtajemniczonyj w ciągu trzech godzin, ale bardzo ważne, by oficer otrzymujący zaszyfrowaną wiadomość mógł ją odczytać mniej więcej w ciągu dwóch minut. Z drugiej strony, plan większej bitwy ma zbyt doniosłe znaczenie, by mu dawać tak ograniczony stopień bezpieczeństwa. Tym niemniej, gdyby oficer otrzymujący ten plan musiał zużyć cały dzień na jego odczytywanie, wynikająca stąd zwłoka mogłaby

się okazać bardziej groźna niż jakiegokolwiek przechwycenie informacji przez przeciwnika. Kody i szyfry dotyczące całej kampanii lub polityki zagranicznej mogą i powinny być jeszcze trudniejsze do rozszyfrowania; lecz nie ma takich kodów czy szyfrów, których nie można by było rozszyfrować w ciągu jakiegoś określonego okresu czasu; jednakże w tym samym czasie mogłyby one przekazać znaczną ilość informacji, nie zaś niewielką liczbę niepowiązanych ze sobą indywidualnych decyzji.

Zwykły sposób rozszyfrowania jakiegoś szyfru polega na znalezieniu odpowiednio długiego przykładu użycia tego szyfru; typ zakodowania staje się wówczas widoczny dla biegłego specjalisty. Na ogół biorąc, potrzebne jest pewne minimum powtórzeń pewnych grup znaków kodu, krótkie fragmenty nie wykazujące powtórzeń nie mogą być rozszyfrowane. Jeżeli jednak pewna ilość fragmentów jest zaszyfrowana w sposób wspólny dla nich wszystkich, to wówczas, nawet jeśli szczegóły są odmienne, poszczególne fragmenty mogą mieć ze sobą tyle wspólnego, że pozwolą rozpoznać najpierw ogólny rodzaj szyfru, a następnie odczytać szyfry użyte w poszczególnych przypadkach.

Prawdopodobnie największą pomysłowość w rozszyfrowaniu wykazali nie ludzie figurujący w archiwach różnych wywiadów, lecz badacze inskrypcji. Wiemy, że kamień z Rosetty został odczytany przez wyjaśnienie pewnych znaków w wersji egipskiej, które były imionami Ptolemeuszów. Ale istnieje jeszcze wspanialsza sztuka rozszyfrowywania. Największą sztuką w tej dziedzinie jest rozszyfrowywanie tajemnic natury - a to jest dziedzina pracy uczonego.

Odkrycie naukowe polega na wyinterpretowaniu dla naszej własnej wygody pewnego systemu, który powstał bynajmniej nie przez wzgląd na naszą wygodę. Dlatego też ostatnią rzeczą w świecie nadającą się do tego, żeby ją osłaniać tajemnicą i skomplikowanym kodem, jest prawo natury. Oprócz możliwości przełamania tajemnic w drodze bezpośredniego ataku na nosicieli tajemnicy, to jest na ludzi i dokumenty, zawsze istnieje możliwość zaatakowania tego kodu niezależnie od nich. Jest bodaj rzeczą niemożliwą wymyślić jakikolwiek wtórny kod równie trudny do rozszyfrowania, jak naturalny kod jądra atomowego.

Przy rozszyfrowywaniu najważniejszą informacją, jaką posiadamy, jest świadomość, że to, co odczytujemy, ma jakiś sens. Znany sposób wprowadzania w błąd ludzi zajmujących się rozszyfrowywaniem kodów jest dodawanie do sensownego tekstu innego tekstu, którego nie można rozszyfrować, gdyż jest on bezsensowną serią znaków. Podobnie gdy rozpatrujemy problem taki, jak reakcje atomowe lub atomowe środki wybuchowe, najważniejszą informacją, jaką możemy podać do wiadomości publicznej, jest to, że takie reakcje lub środki istnieją. Gdy uczyony atakuje problem, o którym wie, że można go rozwiązać, cała jego postawa ulega zmianie. Jest on wówczas, już w połowie drogi do znalezienia odpowiedzi.

Dlatego też można z całą słuszością stwierdzić, że jedyną tajemnicą tyczącą bomby atomowej, którą można było utrzymać, a którą podano do wiadomości publicznej - a więc i do wiadomości wszystkich potencjalnych wrogów - bez najmniejszego oporu z czyjejkolwiek strony, była tajemnica, że bombę atomową można wykonać. Skoro świat naukowy został zapewniony, że problem tej wagi posiada rozwiązanie, to intelektualne możliwości uczonych oraz istniejące urządzenia laboratoryjne, rozsiane po całym świecie, sprawiają, że quasi-samodzielne wykonanie tego zadania w tym czy innym punkcie globu będzie sprawą zaledwie kilku lat.

W naszym kraju panuje obecnie wzruszające przekonanie, że jesteśmy jedynymi posiadaczami pewnej umiejętności technicznej, zapewniającej nam nie tylko pierwszeństwo we wszystkich dziedzinach postępu technicznego i naukowego i we wszystkich ważniejszych wynalazkach, lecz także - jak już wspomniano - moralne prawo do tego pierwszeństwa. Umiejętność ta na pewno nie ma nic wspólnego z pochodzeniem tych, którzy pracowali nad takimi zagadnieniami, jak bomba atomowa. Trudno by było kiedykolwiek indziej w historii zapewnić sobie współpracę takich uczonych, jak

Duńczyk Bohr, Włoch Fermi, Węgier Szilard i wielu innych. Umożliwiła tę współpracę pełna świadomość niebezpieczeństwa oraz powszechne oburzenie wywołane groźbą hitleryzmu. Czegoś więcej niż rozdętej propagandy będzie potrzeba, żeby grupę tych ludzi utrzymać razem w ciągu długiego okresu zbrojeń, na jaki jesteśmy skazani przez politykę Departamentu Stanu.

Niewątpliwie, posiadamy najbardziej na świecie rozwiniętą technikę zespalandu wysiłków dużej liczby uczonych i dużych sum pieniędzy na realizację danego planu. Nie powinno to jednak wywoływać w nas złudnego samouspokojenia co do naszej pozycji naukowej, ponieważ jest rzeczą równie jasną, że wychowujemy pokolenie młodych ludzi, którzy już nie potrafią myśleć o jakimkolwiek zadaniu naukowym inaczej niż kategoriami wielkich ilości ludzi i wielkich sum pieniędzy. Zręczność, dzięki której Francuzi i Anglicy wykonują doniosłe prace przy pomocy aparatury, jaką amerykański nauczyciel gimnazjalny pogardliwie uznałby za rupiecie, spotyka się u nas już tylko u bardzo, coraz bardziej niewielu młodych ludzi. Obecna moda na wielkie laboratoria jest w nauce zjawiskiem nowym. Są wśród nas tacy, którzy pragną, żeby nigdy nie stała się zjawiskiem starym, bo kiedy wyczerpią się naukowe pomysły naszego pokolenia, lub w stosunku do dokonanych inwestycji intelektualnych zaczną wydawać bardzo zmniejszające się plony, obawiam się, że następne pokolenie może się okazać niezdolne do zrodzenia wielkich koncepcji, stanowiących naturalny fundament wielkich poczynań.

Zrozumienie pojęcia informacji w odniesieniu do pracy naukowej wskaże nam, iż samo współistnienie dwóch różnych wiadomości ma małą wartość, dopóki jakiś umysł czy organ, zdolny użyć jednej z nich do zapłodnienia drugiej, nie połączy ich ze sobą. Jest to zupełne przeciwieństwo organizacji, której każdy członek wędruje z góry ustaloną trasą, i gdzie wartownicy nauki, doszedłszy do końca swojego odcinka, prezentują broń, wykonują w tył zwrot i maszerują z powrotem w kierunku, z którego przyszli. Wzajemny kontakt dwóch uczonych ma wielki walor zapładniający i ożywiający. Lecz kontakt ten może nastąpić tylko wówczas, gdy przynajmniej jeden z nich na tyle przekroczył dzielącą ich granicę, by móc przyswoić sobie w swojej pracy koncepcje sąsiada. Naturalnym środkiem stworzenia takiej organizacji jest plan, w którym orbitę ruchów każdego uczonego nakreślają jego zainteresowania, a nie z góry ustalona marszruta.

Takie luźne organizacje istnieją nawet w Stanach Zjednoczonych, ale na razie reprezentują one wynik wysiłków niewielkiej liczby bezinteresownych ludzi, a nie planowe formy, w które jesteśmy wtłaczani przez tych, którzy wyobrażają sobie, iż wiedzą, co jest dla nas dobre. Lecz ogółowi uczonych nie godzi się zwać winy za własne niepowodzenia i za groźące dziś niebezpieczeństwa na mianowanych i samozwańczych przywódców. To opinia publiczna domaga się dla współczesnej wiedzy najwyższej tajności w zakresie tego wszystkiego, co może mieć jakiś związek ze sprawami wojskowymi. Żądanie tajności jest po prostu pragnieniem chorej cywilizacji, która nie chce być informowana o postępie własnej choroby. Dopóki potrafimy udawać, że ze światem wszystko jest w porządku, dopóty zatykamy sobie uszy, żeby nie słyszeć „głosów przodków, zwiastujących wojnę”.

W tej nowej postawie mas wobec badań naukowych kryje się rewolucja w nauce, zgoła niepojęta dla opinii publicznej. Nawet sami władcy dzisiejszej nauki nie umieją przewidzieć wielkich konsekwencji tego, co się dzieje. W przeszłości kierunek badań w znacznym stopniu zależał od zainteresowań danego uczonego i od tendencji danej epoki. Obecnie istnieje wyraźna tendencja do kierowania badaniami mającymi znaczenie państwowe w taki sposób, aby każda dziedzina nauki służyła celom obrony narodowej. Ale nauka jest bezosobowa i dalsze przesuwanie jej granic pokazuje nam nie tylko rozmaite bronie, których możemy użyć przeciwko ewentualnym wrogom, lecz także wiele niebezpieczeństw wynikających z tych broni. Może to być konsekwencją faktu, że bronie te byłyby z lepszym skutkiem użyte przeciw nam niż przeciw naszym wrogom lub też faktu, że pewne niebezpieczeństwa - jak zatrucie substancjami radioaktywnymi - wynikają z samego użycia takich

broni, jak bomba atomowa. Dzięki energicznym jednoczesnym poszukiwaniom wszelkich możliwych środków zaatakowania nieprzyjaciela i ochrony nas samych, nauka niezwykle przyspieszyła kroku; prowadzi to jednak do ciągle rosnących żądań prowadzenia nowych badań. Na przykład skoncentrowane wysiłki dokonywane w czasie wojny w Oak Ridge i Los Alamos pociągnęły za sobą problem ochrony ludności Stanów Zjednoczonych nie tylko przed ewentualnym nieprzyjacielem stosującym broń atomową, lecz także przed promieniowaniem z zakładów naszego nowego przemysłu - problem ten aktualny jest *już teraz*. Gdyby nie wojna, *niebezpieczeństwa* te nie groziłyby nam zapewne jeszcze przez dwadzieścia lat. Przy naszej obecnej militarystycznej mentalności narzuca to problem ewentualnych przeciwsrodków, gdyby nieprzyjaciel użył takich broni. Chwilowo nieprzyjacielem tym może być Rosja, lecz bodaj jeszcze bardziej nasze własne odbicie w jakimś mirażu. Aby się bronić przed tą zgorą, musimy szukać nowych naukowych środków walki, środków, z których jeden jest straszniejszy od drugiego. Nie widać końca tej apokaliptycznej spirali.

Opisaliśmy spór sądowy jako prawdziwą grę, w której przeciwnicy mogą i muszą w pewnej mierze uciekać się do bluffowania i wypracowania sobie strategii uwzględniającej najlepszą grę drugiej strony. To, co się stosuje do ograniczonej wojny prowadzonej przed sądem, ma również zastosowanie do wojny na śmierć i życie w stosunkach, międzynarodowych, bez względu na to, czy przybiera ona postać krwawej walki, czy też obłudnej dyplomacji.

Cała technika tajności, zakłócania wiadomości, bluffowania zmierza do zapewnienia sobie skutecznego użycia sił i sposobów informacji, niż to będzie mogła uczynić strona przeciwna. Przy takim posługiwaniu się informacją jest rzeczą równie ważną zachowanie otwartych, własnych dróg przekazywania wiadomości, jak i utrudnienie stronie przeciwnej przekazywania wiadomości drogami jej dostępnymi. Szeroko pojęta polityka w sprawach tajności musi zawsze uwzględniać wiele różnych spraw poza samą tajnością.

Jesteśmy w położeniu człowieka, który ma tylko dwie ambicje w życiu: wynaleźć uniwersalny rozpuszczalnik, który by rozpuszczał wszelką substancję, stałą, oraz wynaleźć uniwersalne naczynie, które by przechowywało wszelki płyn. Cokolwiek uczyni, spotka go frustracja. Ponadto, jak już wspomniałem, żadna tajemnica, której zachowanie zależy od uczciwości ludzkiej, nie będzie tak pewna, jak ta, która chroni trudność dokonania odkrycia naukowego.

Powiedziałem już, że wszelka tajemnica naukowa jest tylko sprawą czasu, że w tej grze dziesięć lat to długi okres i że na dłuższą metę nie ma żadnej różnicy pomiędzy zbrojeniem siebie samych a zbrojeniem swoich wrogów. Toteż każde przerażające odkrycie jedynie zwiększa konieczność dokonania następnego odkrycia. Jeżeli nasi przywódcy nie wytworzą w sobie nowej świadomości, stan ten będzie trwał ciągle, dopóki cały potencjał intelektualny nie będzie odwrócony od wszelkich możliwości jego konstruktywnego zastosowania dla potrzeb rasy ludzkiej. Bronie te muszą w efekcie zwiększyć entropię na naszym globie, aż wreszcie wszystkie różnice pomiędzy ciepłem i zimnem, dobrem i złem, człowiekiem i materią zginą w białym piecu nowej gwiazdy.

Jak gerazeńskie wieprze, wchłonęliśmy w siebie diabłów naszej epoki, i wymagania wojny naukowej gnają nas bezładnie, na łeb na szyję, do oceanu własnego zniszczenia. A może należałoby powiedzieć, że wśród tych panów, którzy za swój zawód obrali pouczenie nas i którzy kierują nowym programem nauki, jest wielu uczniów czarnoksiężnika, zafascynowanych zaklęciem, wyzwajającym stan, którego nie potrafią opanować. Nawet nowa psychologia reklamy i sprzedaży stała się w ich rękach sposobem tłumaczenia skrupułów uczonych i usuwania takich oporów, jakie jeszcze istnieją przeciw sterowaniu w największy wir.

Niech ci mędrcy, którzy dla własnych, prywatnych celów powołują się na diabelską sankcję, pamiętają o tym, że z natury rzeczy sumienie kupione raz będzie kupione powtórnie. Taka lojalność wobec



ludzkości, którą można zniszczyć zręcznym rozdawaniem administracyjnych śliwek w cukrze, ustąpi miejsca lojalności wobec oficjalnych zwierzchników, trwającej dopóty, dopóki są jeszcze większe śliwki w cukrze do rozdania. Może nadejść dzień, który stanowi największą potencjalną groźbę dla naszego bezpieczeństwa. W chwili gdy jakaś inna moc będzie miała możliwość zaoferowania większego wynagrodzenia, nasi przyjaciele, co rzucili się nam na ratunek „stosownie do rachunku”, równie skwapliwie rzucą się, aby doprowadzić do naszej niewoli i naszego zniszczenia. Niech ci, co z głębin wyzwali duchy wojny atomowej, pamiętają, że przez wzgląd na siebie samych, jeśli już nie nas, przy pierwszych przebłyskach sukcesu naszych przeciwników muszą uśmiercić tych, których już zdołali skorumpować!

## Rozdział VIII

### Rola intelektualistów i uczonych

W książce tej dowodzę, że uczciwość w przekazywaniu informacji jest niezbędna dla dobrobytu społeczeństwa. Tej wewnętrznej komunikacji zagrażają w obecnych czasach nie tylko niebezpieczeństwa, które istniały zawsze, lecz także pewne nowe, właściwe naszej epoce szczególnie poważne problemy. Jednym z nich jest rosnąca złożoność i rosnący koszt procesu komunikowania się.

Sto pięćdziesiąt lat temu, a nawet pięćdziesiąt lat temu - to wcale nie ma znaczenia - świat, a zwłaszcza Ameryka, pełne były małych dzienników i zakładów drukarskich, za pośrednictwem których niemal każdy człowiek mógł się wypowiedzieć. Lokalna redakcja nie musiała bowiem, jak teraz, ograniczać się do miejscowych plotek, ale mogła dać wyraz swym własnym poglądom nie tylko na sprawy lokalne, lecz i na problemy światowe, i często z tego korzystała. Obecnie wobec wzrostu cen papieru, druku i usług objętych działalnością syndykatu, swoboda wyrażania swoich poglądów jest tak kosztowna, że dziennikarstwo stało się sztuką mówienia coraz mniej przez coraz większy zespół ludzi.

Filmy mogą być zupełnie tanie, gdy chodzi o koszt jednego przedstawienia na jednego widza, ale w sumie są tak potwornie drogie, że mało z nich okazuje się godnymi ryzyka, jeżeli ich sukces nie jest z góry zapewniony. Przedsiębiorcę interesuje nie to, czy dany film wywoła ogromne zainteresowanie wśród znacznej ilości osób, lecz raczej to, by grupa, której nie będzie się podobał, była tak niewielka, iż film ten wyświetliłoby każde kino od wybrzeża do wybrzeża.

To, co powiedziałem o prasie i filmie, odnosi się również do radia i telewizji, a nawet księgarstwa. Żyjemy w epoce, gdy ogromna ilość wiadomości przypadająca na jednostkę łączy się z wzrastającą płycizną tych wiadomości. W coraz większym stopniu musimy godzić się na ujednolicony produkt, nieszkodliwy, ale i bez zalet, który - jak biały chleb z wielkich piekarni - wyrabiany jest po to, by szybko znajdował nabywcę i dobrze się przechowywał, a nie dla wartości odżywczych.

Jest to zasadnicza zewnętrzna wada naszego systemu komunikowania się, lecz znajduje ona swój odpowiednik w innej wadzie, zżerającej go od wewnątrz.

W dawnych czasach młody człowiek, który zamierzał poświęcić się działalności twórczej, mógł albo zająć się nią od razu, albo przygotować się do niej poprzez wykształcenie ogólne, może mało związane z tymi konkretnymi sprawami, którym się ostatecznie oddawał, lecz przynajmniej stanowiące surowy sprawdzian jego uzdolnień i zamiłowania. Obecnie drogi terminowania w zawodzie uległy w znacznym stopniu zamuleniu. Nasze szkoły elementarne i średnie bardziej

zajmują się formalną szkolną dyscypliną niż dyscypliną umyślną, osiąganą przez nauczanie czegoś w sposób dokładny, toteż wielka część poważnego przygotowania do studiów ścisłych lub humanistycznych spada w jakiejś formie na szkoły wyższe.

W tym czasie w Hollywood przekonano się, że właśnie standaryzacja twórczości zakłóciła naturalny dopływ talentów aktorskich z prawdziwej sceny. Teatry repertuarowe już niemal przestawały istnieć, gdy niektóre z nich otwarto ponownie jako wylęgarnie talentów dla Hollywood, ale nawet i one powoli więdną. Nasi młodzi przyszli aktorzy w znacznym stopniu wyuczili się swego zawodu nie na scenie, lecz na uniwersyteckich kursach gry aktorskiej. Nasi pisarze jako młodzi ludzie mają niewiele szans powodzenia w rywalizacji z materiałem dostarczanym przez syndykat, i jeśli pierwsza próba nie przyniesie im sukcesu, mogą się jedynie udać na kursy w college'ach, gdzie jakoby mają się nauczyć, jak pisać. W ten sposób stopnie naukowe, a zwłaszcza doktorat filozofii, mające długą tradycję właściwego przygotowywania do pracy naukowej, coraz bardziej służą za wzór w przygotowaniu do działalności intelektualnej we wszystkich dziedzinach.

Ściśle biorąc, artysta, pisarz i uczonec powinni odczuwać tak nieprzerepate pragnienie pracy twórczej, nawet gdyby im za nią nie płacono, że gotowi byłiby zapłacić za samą sposobność takiej pracy. Żyjemy jednak w okresie, w którym formy w znacznej mierze zastąpiły treść wykształcenia, w okresie, kiedy treść ta ulega coraz większemu rozcieńczeniu. W tej chwili uzyskanie stopnia naukowego oraz obranie sobie kariery uważanej za intelektualną jest w większym stopniu kwestią prestiżu społecznego niż głębokiej potrzeby.

Wobec tej wielkiej masy na pół dojrzałych terminatorów, rzucanych na rynek, problem znalezienia dla nich czegoś do pokolorowania nabrał zasadniczego znaczenia. W teorii powinni sami sobie wynajdywać taki materiał, ale wielkie przedsiębiorstwo współczesnych studiów wyższych nie mogłoby pracować pod stosunkowo niskim ciśnieniem. Dlatego też wcześniejsze stadia pracy twórczej, którymi - bądź to w humanistyce, bądź w naukach ścisłych - powinno rządzić pragnienie młodych badaczy do dania czegoś od siebie i przekazania tego całemu światu, regulowane są obecnie przez formalne wymogi znalezienia tematu do pracy doktorskiej lub podobnego zabiegu terminatorskiego.

Niektórzy z moich przyjaciół posuwali się tak daleko, iż twierdzili, że praca doktorska powinna być największym osiągnięciem naukowym w życiu człowieka, i dlatego należy z nią czekać dotąd, aż jest się zdolnym stworzyć dzieło swego życia. Nie przyłączam się do nich, chodzi mi tylko o to, że jeśli praca doktorska nie jest aż takim zamierzeniem, powinna być przynajmniej pomyślana jako wstęp do naprawdę poważnej pracy twórczej. Bóg jeden wie, ile jest jeszcze problemów do rozwiązania, książek do napisania i muzyki do skomponowania! Lecz dla wszystkich, z wyjątkiem bardzo nielicznych, droga do tych celów prowadzi przez wykonywanie banalnych zadań, których w dziewięciu przypadkach na dziesięć nie da się naprawdę przekonująco uzasadnić! Niech nas Bóg strzeże od debiutów powieściowych, których przyczyną jest to, że młody człowiek pragnie prestiżu pisarza, nie zaś dlatego, że ma coś do powiedzenia! Niech strzeże nas również od rozpraw matematycznych, poprawnych i eleganckich, ale bez ciała i ducha. A ponad wszystko niech nas strzeże od snobizmu, który nie tylko dopuszcza możliwość wykonywania takich błahych i banalnych prac, lecz występuje z tupetem przeciwko rywalizacji pomysłów i wigoru intelektualnego bez względu na ich pochodzenie!

Innymi słowy, gdy istnieje komunikowanie się bez potrzeby przekazywania informacji, a jedynie w tym celu, by ktoś mógł zdobyć społeczny i intelektualny prestiż kapłana od przekazywania informacji, jakość i wartość informacyjna przekazywanych wiadomości spada momentalnie jak ciężarek przywiązany do pionu murarskiego. To tak, jak gdyby ktoś budował maszynę w myśl Rube

Goldberga po to, żeby wykazać, do jak zawiłych celów służyć może aparat na pozór wcale się do tego nie nadający, a nie po to, żeby uzyskać jakiś wynik. W sztuce pragnienie odkrycia czegoś nowego i nowego sposobu wyrażenia tego winno być źródłem wszelkiego życia i zainteresowania artysty. Mimo to codziennie natrafiamy na obrazy, których twórca przyjął nowe kanony sztuki abstrakcyjnej, ale nie wykazał żadnego pragnienia, by za ich pomocą pokazać ciekawą i nową formę piękna, by wspinać się pod górę, w kierunku przeciwnym do panującej skłonności do rzeczy powszednich i banalnych. Nie wszyscy pedanci w sztuce reprezentują postawę akademicką. Istnieją pedantyczni awangardiści. Żadna szkoła nie ma monopolu na piękno. Piękno, podobnie jak porządek, występuje na świecie w wielu miejscach, jednak tylko jako lokalna i przejściowa walka z Niagarą narastającej entropii.

Mówię to z uczuciem silniejszym, gdy chodzi o artystę w nauce, niż gdy chodzi o artystę w sztuce, ponieważ w nauce postanowiłem dać coś z siebie. Tym, co mnie często doprowadza do pasji, a zawsze rozczarowuje i smuci, jest fakt, że wielkie szkoły w nauce wolą rzeczy wtórne od oryginalnych, konwencjonalne, rozcieńczone i łatwe do powielania od nowych i wyrazistych, suchą poprawność, ograniczenie tematu i metody od nowości i piękna w każdej dziedzinie. Ponadto protestuję, jak to już poprzednio czyniłem, nie tylko przeciw podcinaniu oryginalności intelektualnej przez stwarzanie trudności w przekazywaniu informacji, co widzimy w świecie współczesnym, ale jeszcze bardziej przeciw wycinaniu samych korzeni oryginalności dlatego tylko, że ludzie, którzy przekazywanie informacji obrali sobie jako zawód, tak często nie mają już nic do zakomunikowania.

## Rozdział IX

### Pierwsza i druga rewolucja przemysłowa

Poprzednie rozdziały tej książki dotyczyły głównie badań nad człowiekiem jako organizmem przekazującym i otrzymującym informacje. Widzieliśmy jednak, że maszyna też może być takim organizmem. W obecnym rozdziale omówię dziedzinę, w której te właśnie cechy człowieka i maszyny oddziałują na siebie wzajemnie, i postaram się wyjaśnić, jaki będzie kierunek rozwoju maszyn oraz czego możemy oczekiwać od presji, jaką maszyny wywrą na społeczeństwo ludzkie.

Maszyna już raz w dziejach wywarła na kulturę ludzką przemożny wpływ. Znany on jest jako Rewolucja Przemysłowa i wiąże się z maszynami jedynie jako urządzeniami zastępującymi mięśnie człowieka. Aby zrozumieć obecny kryzys, który nazwiemy Drugą Rewolucją Przemysłową, będzie chyba wskazane zbadać przebieg poprzedniego kryzysu jako pewien model.

Pierwsza rewolucja przemysłowa wywodziła się z fermentu intelektualnego w osiemnastym wieku, który zastał już dobrze rozwiniętą technikę naukową Newtona i Huygensa, ale poza astronomią nie znajdowała ona prawie zastosowania. Było jednak rzeczą oczywistą dla wszystkich bystrzejszych uczonych, że ta nowa technika odbije się poważnie na innych naukach. Pierwszymi dziedzinami, do których dotarły reperkusje ery Newtona, były żeglarstwo i zegarmistrzostwo.

Nawigacja jest sztuką datującą się od zamierzchłych czasów, lecz aż do czwartej dekady osiemnastego wieku odznaczała się pewną zasadniczą słabością. Określanie szerokości geograficznej było zawsze łatwe - już nawet dla Greków. Była to po prostu sprawa określenia kątowej wysokości bieguna nieba. Można to uczynić z grubszą, przyjmując Gwiazdę Polarną za biegun nieba, lub też bardzo dokładnie, obliczając położenie środka pozornej drogi Gwiazdy Polarnej po kole. Ustalenie natomiast długości geograficznej jest zawsze znacznie trudniejsze. W braku pomiarów geodezyjnych można rozwiązać

ten problem tylko przez porównanie czasu lokalnego z jakimś czasem wzorcowym, takim jak czas Greenwich. Ale w tym celu trzeba albo mieć ze sobą chronometr podający czas Greenwich, albo wynaleźć jakiś zegar niebieski, nie będący słońcem, który by zastąpił chronometr.

Lecz zanim któraś z tych metod stała się dostępna dla żeglarza, był on w technice nawigacji bardzo ograniczony. Przywykł do żeglowania wzdłuż brzegu aż do momentu, kiedy osiągnął pożądaną szerokość geograficzną. Wtedy kierował się wzdłuż równoleżnika na wschód albo na zachód, dopóki nie natrafił na ląd. W tym czasie tylko bardzo ogólnie mógł określić, ile drogi przebył po równoleżniku, mimo że było dlań rzeczą niezwykle ważną, by nie znaleźć się niespodziewanie przy jakimś niebezpiecznym dla żeglugi brzegu. Po napotkaniu lądu znów płynął wzdłuż wybrzeża aż do miejsca przeznaczenia. W tych warunkach każda podróż morska zawierała w sobie poważny element ryzyka. Pomimo tego w taki właśnie sposób żeglowano przez wiele stuleci. Widać to w wyprawach Kolumba, Srebrnej Floty oraz galeonów z Acapulco.

Ten powolny i ryzykowny sposób żeglowania nie zadowalał admiralicji w osiemnastym wieku. Po pierwsze, interesy Anglii i Francji, w przeciwieństwie do Hiszpanii, związane były z zamorskimi krajami leżącymi na wysokich szerokościach geograficznych, i korzyści żeglowania wprost po wielkim kole, w porównaniu z pływaniem wzdłuż równoleżnika, były oczywiste. Po drugie, oba te północne mocarstwa zawzięcie rywalizowały ze sobą w walce o supremację na morzu, toteż korzyści wynikające z lepszej nawigacji miały dla nich poważne znaczenie. Nic więc dziwnego, że oba rządy przeznaczyły wielkie nagrody za opracowanie dokładnej techniki określania długości geograficznej.

Dzieje tych walk o nagrodę są zawiłe i niezbyt budujące. Niejeden zdolny człowiek został pozbawiony należnego mu triumfu i zbankrutował. Ostatecznie nagrody te przyznano w obu krajach za dwa odrębne osiągnięcia. Jednym z nich było wykonanie dokładnego chronometru okrętowego, to jest zegara na tyle dobrze skonstruowanego i zrównoważonego, aby pokazywał czas z dokładnością do kilku sekund w ciągu podróży, w której podlega nieustannym, gwałtownym ruchom statku. Drugim było opracowanie dobrych tablic matematycznych ruchu księżyca, co umożliwiło nawigatorowi posługiwanie się tym ciałem niebieskim jako zegarem, według którego sprawdza się pozorny ruch słońca. Obie te metody panowały w nawigacji aż do niedawnych osiągnięć techniki radiowej i radarowej.

Tak więc strażą przednią rzemieślników z okresu rewolucji przemysłowej byli z jednej strony zegarmistrzowie, którzy posługiwali się nową matematyką Newtona w projektowaniu wahadeł i kół równoważnych, a z drugiej strony - producenci instrumentów optycznych wyrabiający sekstanty i teleskopy. Oba te zawody miały ze sobą wiele wspólnego. Oba wymagały budowania dokładnych kół i dokładnych linii prostych oraz ich skalowania według stopni i cali. Narzędziami ich były tokarka oraz urządzenie do skalowania. Te narzędzia, służące do delikatnej roboty, były przodkami naszego współczesnego przemysłu maszynowego.

Jest rzeczą ciekawą uświadomić sobie, że każde narzędzie ma swoją genealogię i że pochodzi ono od narzędzi, za których pomocą samo zostało wykonane. Tokarki osiemnastowiecznych zegarmistrzów, poprzez historycznie wyraźny szereg narzędzi pośrednich, doprowadziły do wielkich obrabiarek rewolwerowych dnia dzisiejszego. Ten szereg etapów pośrednich mógłby być trochę krótszy, ale musi on posiadać pewną minimalną długość. Budując wielkie obrabiarki rewolwerowe nie można posługiwać się gołymi rękami przy odlewaniu metalu, doprowadzaniu odlewów do maszyn, które je mają obrabiać, a przede wszystkim przy zasilaniu tych maszyn energią, której potrzebują do pracy. To wszystko muszą robić maszyny, same z kolei wykonane przez inne maszyny, i dopiero poprzez wiele tego rodzaju etapów dojdziemy do pierwotnych osiemnastowiecznych tokarek, poruszanych siłą rąk i nóg.

Jest więc rzeczą całkowicie naturalną, że ci, którzy dokonywali wynalazków, albo sami byli zegarmistrzami lub producentami przyrządów naukowych, albo korzystali z pomocy takich ludzi. Na przykład Watt był producentem przyrządów naukowych. Żeby zrozumieć, ile czasu potrzeba było nawet takiemu człowiekowi, jak Watt, na to, żeby precyzję techniki zegarmistrzowskiej rozciągnąć na większe urządzenia, musimy pamiętać - o czym już była mowa - że w jego czasach normę dopasowania tłoka do cylindra określała cienka moneta sześciopensowa, która mogła jedynie z trudem przesunąć się między obu częściami maszyny.

Musimy zatem uznać nawigację oraz niezbędne do niej instrumenty za pierwotne ognisko rewolucji przemysłowej w okresie przed właściwą rewolucją przemysłową, która zaczęła się od maszyny parowej. Pierwszą formą maszyny parowej była prymitywna i niewydajna maszyna Newcomena, używana do pompowania wody z kopalń. W połowie osiemnastego wieku czyniono nieudolne próby wykorzystania jej do wytwarzania energii w ten sposób, że maszyna pompowała wodę do wysoko położonych zbiorników, po czym woda, spływając z nich, poruszała koła wodne. Te niezdarne urządzenia okazały się przestarzałe z chwilą wprowadzenia udoskonalonych silników Watta, których wcześniej zaczęto używać zarówno w fabrykach, jak i do pompowania wody z kopalni. Pod koniec osiemnastego wieku maszyna parowa miała już mocną pozycję w przemyśle, perspektywa zaś statków parowych na rzekach i trakcji parowej na lądzie nie była odległa.

Pierwsze praktyczne zastosowanie siły pary polegało na wyeliminowaniu jednej z najbrutalniejszych form pracy ludzi i zwierząt: pompowania wody z kopalni. Przedtem w najlepszym razie robiły to zwierzęta - konie wprawiające w ruch prymitywne urządzenia. W najgorszym razie, jak w kopalniach srebra w Nowej Hiszpanii, robili to niewolnicy. Jest to praca, która się nigdy nie kończy, i której nie można przerwać bez ryzyka zamknięcia kopalni na zawsze. Użycie maszyny parowej w celu zastąpienia pracy ludzkiej trzeba niewątpliwie uznać za wielki krok naprzód w kierunku humanitaryzmu.

Ale niewolnicy nie tylko pompują wodę z kopalń, holują oni również pod prąd naładowane towarami barki rzeczne. Drugim wielkim triumfem maszyny parowej było wynalezienie statku parowego, zwłaszcza rzeczno-morskiego. Na morzu maszyna parowa jeszcze przez wiele lat była tylko wątpliwej wartości dodatkiem do żagli, jakie posiadał każdy pełnomorski parowiec, ale transport parowy na Missisipi otworzył środkowe rejony Stanów Zjednoczonych. Podobnie jak statek parowy, lokomotywa znalazła zastosowanie tam, gdzie obecnie wychodzi z użycia, to jest w transporcie ciężkich ładunków.

Następną dziedziną, na którą wpłynęła rewolucja przemysłowa, może trochę później niż na kopalnie, lecz równocześnie z rewolucją w transporcie, był przemysł włókienniczy. Już wtedy był to chory przemysł. Los przędzarzy i tkaczy pozostawał wiele do życzenia jeszcze przed pojawieniem się mechanicznych wrzecion i mechanicznych krosien. Maksymalna produkcja pozostawała daleko w tyle za potrzebami dnia. Wydawałoby się zatem, że przejście na pracę maszynową nie mogło pogorszyć położenia robotników; a jednak pogorszyło je ponad wszelką wątpliwość.

Początki rozwoju maszyn włókienniczych wiążą się z maszyną parową. Warsztat tkacki poruszany ręcznie istniał od czasów elżbietańskich. Przędzenie maszynowe było najpierw potrzebne do wyrobu osnowy dla ręcznych krosien. Pełna mechanizacja przemysłu włókienniczego, obejmująca zarówno tkanie, jak i przędzenie, nastąpiła dopiero w początku dziewiętnastego wieku. Pierwsze maszyny włókiennicze były poruszane ręcznie, chociaż siłę koni i siłę wody zastosowano bardzo prędko. Rozpęd w rozwoju maszyny Watta, w przeciwieństwie do maszyny Newcomena, był częściowo wynikiem pragnienia wykorzystania niezbędnej dla włókiennictwa energii w formie ruchu obrotowego.

Fabryki tekstylne stały się wzorem całej niemal mechanizacji przemysłu. Społeczny aspekt tego zjawiska polegał na przenoszeniu robotników z warsztatu chałupniczego do fabryki i ze wsi do miasta. Pracę kobiet i dzieci wyzyskiwano w stopniu i w formie tak brutalnej, że trudno to sobie dzisiaj wyobrazić - oczywiście, jeśli zapomnimy o kopalniach diamentów w Afryce Południowej oraz pominiemy nowe uprzemysłowienie w państwach azjatyckich, a także warunki pracy na plantacjach w każdym niemal kraju. Wiele tych zjawisk powstało stąd, że nowa technika pociągnęła za sobą nowe obowiązki w czasach, kiedy jeszcze żaden kodeks tych obowiązków nie określał. W pewnej jednak fazie przyczyna była raczej techniczna niż moralna, to znaczy, że wiele straszliwych skutków wcześniejszego okresu rewolucji przemysłowej było wynikiem nie tyle ślepoty moralnej lub niesprawiedliwości, co pewnych momentów technicznych, związanych z wczesnymi metodami uprzemysłowienia, momentów, które w miarę rozwoju technicznego zaczęły odgrywać mniejszą rolę. Te techniczne determinanty kierunku rozwoju we wczesnym okresie rewolucji przemysłowej tkwiły w samej naturze ówczesnych maszyn parowych i sposobów przekazywania energii. Maszyna parowa zużywa paliwo bardzo nieekonomicznie, jeśli sądzić według współczesnych nam norm, choć to nie było takie ważne, jak by się mogło wydawać, gdyż dawne maszyny nie miały konkurencji maszyn typu współczesnego. W istocie były jednak dużo bardziej ekonomiczne, gdy je wykorzystywano na dużą skalę, niż stosowano na małą. W przeciwieństwie do maszyny zasilającej ją w energię, maszyna włókiennicza - czy to krosno, czy wrzeciono - jest stosunkowo lekka i zużywa mało energii. Było więc rzeczą ekonomiczną zbieranie tych maszyn razem w dużych fabrykach, gdzie jedna maszyna parowa poruszała wiele krosien i wrzecion.

W owym czasie jedynie sposoby transmisji energii były mechaniczne. W grę wchodziły głównie wały i pasy transmisyjne. Jeszcze za mego dzieciństwa typowy obraz fabryki stanowiła wielka hala i długi szereg wałów i pasów transmisyjnych prowadzących do poszczególnych maszyn. Ten typ fabryki jeszcze istnieje, choć w wielu wypadkach ustąpił nowoczesnemu rozwiązaniu, przy którym każda maszyna z osobna otrzymuje napęd od swego silnika elektrycznego.

Ten drugi obraz jest już typowy dla naszych czasów. Zawód projektanta fabryki zmienił się całkowicie - fakt znamienny dla całej historii wynalazków. Właśnie ci ludzie i nowi rzemieślnicy z epoki maszyn dokonali wynalazków leżących u podstaw naszego systemu patentowego. Mechaniczne łączenie maszyn pociąga za sobą wiele poważnych trudności, nie dających się rozwiązać w prosty a ogólny sposób matematyczny. Po pierwsze, długie szeregi wałów transmisyjnych musiały być dobrze ustawione lub zespolone tak pomysłowymi połączeniami, jak złącza uniwersalne lub sprzężenia równoległe, zapewniające pewną swobodę w ustawianiu maszyn. Po drugie, długie linie łożysk, potrzebne przy tych urządzeniach, zużywają bardzo wiele mocy. W poszczególnych maszynach części, które się obracają i zazębiają, muszą być odpowiednio usztywnione, liczba łożysk zaś musi być zredukowana do minimum ze względu na zużycie mocy i prostotę konstrukcji. Warunki te nie łatwo jest spełnić wychodząc od ogólnych wzorów; stwarza to jednak znakomite pole do popisu pomysłowości i wynalazczości w dawnym stylu rzemieślniczym.

Z tego względu przejście od połączeń mechanicznych do połączeń elektrycznych wywarło tak wielki wpływ. Silnik elektryczny jako sposób dystrybucji mocy może być wygodnie budowany na małą skalę w taki sposób, by każda maszyna mogła mieć własny silnik. Straty przesyłowe w obrębie sieci wewnątrzfabrycznej są stosunkowo niskie, a wydajność silnika stosunkowo wysoka. Połączenie silnika z siecią nie musi być sztywne i nie składa się z wielu części. Względny transportu i wygody mogą nas skłaniać do kontynuowania zwyczaju montowania w jednej fabryce różnych maszyn biorących udział w procesie wytwórczym, ale konieczność podłączenia wszystkich tych maszyn do tego samego źródła mocy nie stanowi już argumentu na rzecz ich skupienia koło siebie. Innymi słowy, wszędzie tam, gdzie by to było wskazane, moglibyśmy obecnie wrócić do przemysłu chałupniczego (*cottage industry*).

Nie twierdzą, że trudności związane z mechanicznym przesyłaniem mocy były jedynym powodem powstawania hal fabrycznych i wynikłej z tego demoralizacji. System fabryczny zaczął się na długo przed wprowadzeniem maszyn, a służył do nauczania dyscypliny niezdyscyplinowanego chałupnictwa oraz do utrzymania standardu produkcji. Prawdą jest jednak, że te fabryki bez maszyn zostały szybko zastąpione przez fabryki zmechanizowane, w których bodaj najsilniej wystąpiły złe skutki społeczne stłoczenia ludności w miastach i wyludnienia wsi. Ponadto, gdyby od początku istniały małe silniki, które by mogły zwiększać produkcję jednego robotnika w przemyśle rozproszonym, jest rzeczą wysoce prawdopodobną, że i takim przemysłem chałupniczym, jak przędzalnictwo i tkactwo, dałoby się narzucić organizację i dyscyplinę potrzebną w produkcji na wielką skalę.

Obecnie w razie potrzeby jedno urządzenie mechaniczne może obejmować kilka silników, z których każdy dostarcza mocy w odpowiednim miejscu. W znacznym stopniu uwalnia to projektanta od potrzeby demonstrowania swej pomysłowości, co w innych warunkach było nie do uniknięcia. Przy projektowaniu urządzeń elektrycznych sam problem połączenia poszczególnych części nie sprawia na ogół takich trudności, które by się nie dały rozwiązać za pomocą łatwych wzorów matematycznych. Wynalazcę połączeń mechanicznych zastąpił specjalista od obliczania obwodów. Oto przykład uwarunkowania wynalazczości przez istniejące środki techniczne.

W trzeciej ćwierci ubiegłego wieku, gdy po raz pierwszy wprowadzono do przemysłu silnik elektryczny, uważano go tylko za jeszcze jedno rozwiązanie techniczne. Nie przypuszczano zapewne, że ostatecznym rezultatem będzie nowa koncepcja fabryki.

Podobną historię miał inny wielki wynalazek w dziedzinie elektryczności - lampa elektronowa<sup>8</sup>. Przed jej wynalezieniem regulowanie systemów wielkiej mocy wymagało wielu oddzielnych mechanizmów, a większość tych urządzeń regulujących sama zużywała znaczną ilość energii. Były wyjątki, lecz tylko w niektórych dziedzinach, jak na przykład sterowanie okrętami.

W roku 1915 przepływałem ocean jednym ze starych okrętów należących do American Line; pochodził on z okresu przejściowego, gdy statki jeszcze posiadały żagle i ostro zakończony dziób, dostosowany do bukszprytu. Na pokładzie niedaleko za główną nadbudówką znajdowała się pokaźna instalacja, złożona z czterech czy pięciu kół dwumetrowej średnicy, ze szprychami przedłużonymi w uchwyty dla rąk. Koła te miały służyć do sterowania statkiem w razie, gdyby zawiodło automatyczne urządzenie sterujące. W czasie burzy dziesięciu lub więcej ludzi musiałoby wyteńczyć wszystkie swoje siły, żeby utrzymać okręt na linii kursu.

Nie był to zwykły sposób sterowania, lecz urządzenie zapasowe, nazywane przez marynarzy „kołem sterowym obsługiwanym przez sąd przysięgłych” (*jury steering wheel*). W normalnych warunkach sterowanie odbywało się za pomocą maszyny sterującej, która stosunkowo niewielki nakład siły używanej przez sternika przekładała na ruchy potężnego steru. Tak więc nawet w dziedzinie czysto mechanicznej dokonał się pewien postęp w rozwiązaniu problemu wzmacniania siły. W owym czasie jednak rozwiązanie to nie obejmowało dużych różnic pomiędzy siłą użytą a efektem wzmocnienia, ani też nie wiązało się z jakimś wygodnym i uniwersalnym typem aparatu.

Najbardziej giętkim aparatem uniwersalnym do wzmacniania słabych energii jest lampa elektronowa. Jej dzieje są interesujące, lecz zbyt zawiłe, by je tu omawiać. Jest jednak rzeczą zabawną pomyśleć, że

---

<sup>8</sup> Znaczenie lamp elektronowych polega na tym, że mała przyczyna (np. napięcie prądu) może powodować duże zmiany w układzie zawierającym te lampy. Stąd też ich wielkie zastosowanie w urządzeniach: a) wzmacniających, b) generujących drgania elektryczne, c) automatyce i samosterowaniu. Obecnie lampy elektronowe w wielu wypadkach wypierane są przez tranzystory. (Przyp. red.)

wynalezienie lampy elektronowej wywodzi się z największego naukowego odkrycia Edisona, i bodaj jedynego, którego nie skapitalizował jako wynalazku.

Edison zauważył, że jeśli wewnątrz lampy elektrycznej umieścić elektrodę, jako elektrycznie dodatnią wobec znajdującego się tam włókna, to prąd popłynie, lecz tylko pod warunkiem, że włókno będzie rozgrzane. Szereg dalszych wynalazków dokonanych przez inne osoby doprowadziło do najskuteczniejszego ze znanych nam sposobów regulowania silnego prądu przez mały woltaż. Jest to podstawa współczesnego przemysłu radiotechnicznego, ale zarazem i narzędzie, którym posługujemy się na coraz nowych polach. Nie ma już potrzeby kierowania procesem wymagającym wielkiego zużycia energii za pomocą mechanizmu, w którym ważne elementy czynności kierowania wymagałyby również wielkiej energii. Można stworzyć wzory reakcji zużycia energii na poziomach znacznie niższych nawet od poziomów typowych dla zwykłych radioodbiorników, a następnie, stosując szereg lamp wzmacniających, kierować za pomocą takiego aparatu instalacją tak ciężką, jak walcowanie stali. Badania i tworzenie wzorów zachowania się danej instalacji odbywa się w warunkach, w których straty energii są bez znaczenia, pomimo tego jednak ostateczne zastosowanie wyników takiego badania może się odnosić do dowolnie wysokich poziomów zużycia energii.

Jak zobaczymy, wynalazek ten zmienia podstawowe warunki pracy przemysłu w równym stopniu, jak to uczyniło przekazywanie i rozdzielanie mocy dzięki użyciu małych silników elektrycznych. Badanie wzorów zachowania się instalacji zostaje powierzone specjalnemu instrumentowi, dla którego oszczędność energii odgrywa bardzo małą rolę. W ten sposób urządzenia zmierzające dawniej do zredukowania połączeń mechanicznych do jak najmniejszej liczby elementów oraz zminimalizowania tarcia i straty ruchu zostały w znacznej mierze pozbawione znaczenia. Projektowanie maszyn związanych z tymi problemami przeniosło się z dziedziny pracy wykwalifikowanego majstra do laboratorium badacza, któremu teoria obwodów zastępuje dawną pomysłowość mechanika. Na miejsce wynalazków w dawnym sensie przyszło rozumne wykorzystywanie praw natury, a przejście od zrozumienia praw natury do ich zastosowania zostało skrócone setki razy.

Powiedziałem już, że gdy jakiś wynalazek zostanie dokonany, sporo czasu zwykle upływa, zanim ludzie zrozumieją wszystkie jego konsekwencje. Długo trwało, nim ludzie uświadomili sobie w całej pełni wpływ samolotu na stosunki międzynarodowe. Wpływ energii atomowej na ludzkość i jej przyszłość wymaga jeszcze należytej oceny, chociaż wielu obserwatorów twierdzi, że jest to tylko pewien rodzaj nowej broni, podobnej do wszystkich dawniejszych rodzajów.

Podobnie było z lampą elektronową. Początkowo uważano ją tylko za dodatkowe narzędzie, które uzupełni już istniejące techniki komunikacji telefonicznej. Elektrycy do tego stopnia nie zorientowali się co do jej istotnego znaczenia, że lampy elektronowe na wiele lat relegowano do pewnej tylko części sieci komunikacyjnej, części związanej z innymi, które składały się z trzech tradycyjnych, tzw. nieaktywnych elementów obwodu - oporności, pojemności i indukcyjności. Dopiero w czasie wojny konstruktorzy nabrali swobody w używaniu lamp elektronowych i stosowali je wszędzie tam, gdzie to było potrzebne, w taki sam sposób, jak dawniej stosowali liczne elementy trzech wymienionych rodzajów.

Lampa elektronowa najpierw została wprowadzona do zastąpienia dawniej stosowanych elementów o długodystansowych sieciach telefonicznych i w radiotelegrafii. Wkrótce jednak stało się jasne, że radiotelefon dorównał radiotelegrafowi i że nadawanie programów radiowych stało się możliwe. Niech fakt, że ten wielki triumf wynalazczości został wydany na łup reklamom i śpiewakom przebojów, nie pozwala nam zapomnieć, ile wspaniałej roboty wykonano, by udoskonalić radio, i że



posiada ono wielkie możliwości w zakresie rozpowszechniania cywilizacji i kultury, możliwości, które wypaczono dla celów reklamowych.

Chociaż lampa elektronowa zadebiutowała w łączności, z zasięgu tego dzieła techniki przez długi czas nie zdawano sobie sprawy. Lampy elektronowej i jej siostrzanego wynalazku - komórki fotoelektrycznej używano sporadycznie do kontroli produkcji, np. do badania grubości papieru lub barwy konserw z ananasów. Zastosowania te jednak nie tworzyły jeszcze jakiejś nowej, wyrozumowanej techniki, ani też nie kojarzyły się w umyśle inżynierów z inną funkcją lampy elektronowej, jaką była łączność.

Wszystko to zmieniło się w czasie wojny. Jedną z niewielu korzyści, jakie dał ten wielki konflikt, był gwałtowny rozwój wynalazczości pod wpływem bodźców, którymi były potrzeba i nieograniczone środki finansowe, a co najważniejsze, świeża krew wstrzyknięta do badań naukowych. Na początku wojny najważniejszą sprawą było niedopuszczenie do znokautowania Anglii przez potężny atak z powietrza. Dlatego też działa przeciwlotnicze były jednym z pierwszych celów naszych wysiłków w badaniach naukowych, zwłaszcza w połączeniu z takimi urządzeniami do wykrywania samolotów, jak radar i fale Hertza o ultrawysokiej częstotliwości. Technika radarowa korzystała z tych samych środków, co istniejąca technika radiowa, a ponadto stwarzała nowe, własne środki. Było więc rzeczą naturalną uważać radar za dziedzinę teorii komunikacji.

Oprócz wykrywania samolotów za pomocą radaru, trzeba było je zestrzeliwać, co wiąże się z problemem kierowania ogniem. Szybkość samolotu zmusza do tego, by elementy trajektorii pocisku przeciwlotniczego obliczane były przez maszynę i żeby maszyna obliczająca tor pocisku była wyposażona w funkcje porozumiewania się, zwykle przypisywane tylko istotom ludzkim. Tak więc problem kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej zapoznał nowe pokolenie inżynierów z pojęciem informacji przekazywanej maszynie, a nie człowiekowi. W rozdziale o języku wspomnieliśmy już o innej dziedzinie, w której pojęcie to od dość dawna było znane ograniczonej grupie inżynierów: dziedzinie zautomatyzowanych hydroelektrowni.

W okresie bezpośrednio poprzedzającym Drugą Wojnę Światową lampa elektronowa związana bezpośrednio z maszyną, nie zaś z człowiekiem, znalazła inne zastosowania, między innymi ogólne zastosowanie do maszyn liczących. Pomysł wielkiej maszyny liczącej, pochodzący od Vannevara Busha, opierał się pierwotnie na zasadach czysto mechanicznych. Jedna tarcza obracała drugą przez tarcie, a powiązanie ze sobą położeń poszczególnych tarcz było zadaniem klasycznego zespołu wałów obrotowych i kół zębatych.

Idea-matka tych pierwszych maszyn liczących była znacznie starsza od prac Vannevara Busha. Pod pewnymi względami datuje się ona od działalności Babbage'a w początkach ubiegłego wieku. Babbage miał zaskakująco nowoczesne wyobrażenie o maszynach liczących, ale jego możliwości techniczne nie dorównywały jego zamierzeniom. Pierwsza trudność, jaką napotkał i z którą nie mógł sobie poradzić, polegała na tym, że szereg kół zębatych wymagało znacznej siły do poruszania, tak że ilość energii lub siła obrotowa nie wystarczały do uruchomienia pozostałej części maszyny. Bush dostrzegł tę trudność i przezwyciężył w pomysłowy sposób. Oprócz wzmacniaczy elektrycznych, opartych na lampach elektronowych i podobnych urządzeniach, istnieją mechaniczne wzmacniacze siły obrotowej, znane np. każdemu, kto jest zaznajomiony z wyładowywaniem towarów ze statku. Ładowacz podnosi ładunek za pomocą bębna maszyny wyciągowej. W ten sposób siła mechaniczna, którą zużywa, wzrasta o czynnik zwiększający się gwałtownie w zależności od kąta styku pomiędzy liną a bębniem, tak że jeden człowiek może podnieść ładunek wagi wielu ton.

Urządzenie to jest w zasadzie wzmacniaczem siły obrotowej. Dzięki pomysłowej konstrukcji Bush umieścił takie mechaniczne wzmacniacze pomiędzy różnymi częściami maszyny liczącej i w ten sposób mógł osiągnąć to, co dla Babbage'a było tylko snem.

W początkowym okresie pracy Vannevara Busha, zanim jeszcze istniały bardzo szybkie automatyczne urządzenia kontrolujące w fabrykach, zainteresowałem się problemem pewnego cząstkowego równania różniczkowego. Praca Busha dotyczyła zwykłego równania różniczkowego, gdzie czas był zmienną niezależną; jego maszyna odtwarzała przebieg analizowanego zjawiska, chociaż z odmienną szybkością. W przypadku cząstkowego równania różniczkowego, wielkości, które zajmują miejsce czasu, rozmieszczone są w przestrzeni; zaproponowałem Bushowi, żeby ze względu na szybki wówczas rozwój techniki telewizyjnej wykorzystać ją przy reprezentowaniu wielu zmiennych, np. przestrzeni w zestawieniu z pojedynczą zmienną czasu. Maszyna licząca oparta na takiej zasadzie pracowałaby niezwykle szybko, co, moim zdaniem, wykluczało wszelkie procesy mechaniczne i przenosiło nas w dziedzinę procesów elektronowych. Ponadto w maszynie takiej wszystkie dane musiałyby być zapisywane, odczytywane i wymazywane z szybkością porównywalną z szybkością innych operacji wykonywanych przez maszynę, która oprócz mechanizmu arytmetycznego wymagałaby mechanizmów logicznych i musiałaby rozwiązywać problemy programowania wyłącznie na bazie logicznej i automatycznej. Pojęcie programowania w fabrykach było już znane dzięki pracom Taylora i Gilbrethów nad studiami czasu, i łatwo je można było rozciągnąć na maszyny. Stwarzało to poważne trudności w szczegółach, ale mało trudności odnosiło się do zasady. Już w r. 1940 byłem więc przekonany, że w niedalekiej przyszłości pojawi się fabryka zautomatyzowana, i powiadomiłem o tym Vannevara Busha. Późniejszy rozwój automatyzacji, zarówno przed, jak i po ukazaniu się pierwszego wydania niniejszej książki, przekonał mnie, że osąd mój był trafny i że rozwój ten będzie jednym z głównych czynników określających społeczne i techniczne warunki życia w przyszłości, że będzie on głównym akcentem drugiej rewolucji przemysłowej.

W jednej z wcześniejszych faz analizator różniczkowy Busha sam wykonywał wszystkie główne funkcje wzmacniające. Korzystał on z elektryczności jedynie w celu poruszenia motorów, zapewniających działanie maszyny. Ten etap konstrukcji maszyn liczących był pośredni i przejściowy. Bardzo prędko stało się widoczne, że wzmacniacze elektryczne, połączone przewodami, a nie mechanicznie, są i mniej kosztowne, i bardziej elastyczne od wzmacniaczy i połączeń mechanicznych. Toteż późniejsze wersje maszyny Busha wykorzystywały urządzenie oparte na lampach elektronowych. Rozwiązanie to utrzymuje się u wszystkich jej następczyń, zarówno maszyn tzw. analogowych, które głównie mierzą wielkości fizyczne, jak i maszyn cyfrowych, które głównie liczą i dokonują operacji arytmetycznych.

Rozwój maszyn liczących stał się bardzo szybki po wojnie. W wielu dziedzinach pracy obliczeniowej okazały się one znacznie szybsze i dokładniejsze od człowieka. Szybkość ich osiągnęła taki poziom, że jakakolwiek interwencja ludzka w pośrednich etapach ich pracy nie wchodzi w grę. Dlatego też powstaje konieczność zastąpienia funkcji ludzkich przez funkcje maszyny, jak to miało miejsce w przypadku przeliczników do dział przeciwlotniczych. Części maszyny muszą porozumiewać się ze sobą odpowiednim językiem, nie mówiąc do żadnego człowieka i nie słuchając żadnego człowieka, poza początkowym i końcowym stadium procesu obliczania. Tu znów mamy element, który przyczynił się do powszechnego przyjęcia koncepcji, że pojęcie komunikowania się obejmuje także maszyny.

W tej rozmowie części maszyn między sobą trzeba często wziąć pod uwagę to, co maszyna już powiedziała. Wkracza tu zasada sprzężenia zwrotnego, już przez nas omawianego, starszego od okrętowej maszyny sterowniczej i co najmniej równie starego, jak regulator Watta, kontrolujący szybkość pracy w jego maszynie parowej. Regulator ten nie pozwala maszynie rozpędzić się nadmiernie, gdy ta przestanie napotykać opór, jaki musiała pokonywać. Jeśli maszyna rozpędzi się

zbytńio, kulki regulatora pod wpływem siły odśrodkowej unoszą się w górę, a w czasie ruchu ku górze przesuwiają dźwignię, która częściowo zamyka dopływ pary. Tak więc tendencja do wzrostu szybkości pociąga za sobą częściowo kompensującą ją tendencję do zwalniania. Ta metoda regulacji została szczegółowo zanalizowana w sposób matematyczny przez Clerka Maxwella w r. 1868.

Tutaj sprzężenie zwrotne stosowane jest do regulowania szybkości pracy maszyny. Przy okrętowej maszynie sterowniczej reguluje ono położenie steru. Człowiek przy kole sterowym uruchamia lekki układ transmisyjny, oparty na transmisji łańcuchowej lub hydraulicznej, który z kolei porusza pewien element w pomieszczeniu zawierającym maszynę sterowniczą. Pewien rodzaj aparatu bada położenie tego elementu w stosunku do uchwytu kola sterowego, a położenie to z kolei reguluje dopływ pary do parowej maszyny sterowniczej lub dopływ prądu do elektrycznej maszyny sterowniczej. Bez względu na szczegóły połączeń, ta zmiana dopływu działa zawsze w tym kierunku, żeby doprowadzić do zbieżności w położeniu uchwytu koła sterowego i elementu wprawionego w ruch przez koło sterowe. W ten sposób jeden człowiek przy sterze może łatwo wykonać to, co cały zespół mógł wykonać z trudem, posługując się kołem sterowym dawnego typu, działającym na mocy siły ludzkiej.

Dotychczasowe przykłady dotyczą sprzężenia zwrotnego przybierającego głównie postać mechaniczną. Ale serię operacji o tej samej strukturze można wykonać posługując się środkami elektrycznymi, a nawet lampami elektronowymi. Można przypuszczać, że w przyszłości środki te będą normalną metodą projektowania aparatury regulującej.

Od dawna istnieje tendencja automatyzacji pracy fabryk i maszyn. Z wyjątkiem jakichś specjalnych celów, nikt już nie myśli o produkcji śrub za pomocą zwykłej tokarki, przy której mechanik musi obserwować pracę noża i regulować ją ręcznie. Produkcja śrub w wielkich ilościach niemal bez interwencji człowieka jest teraz normalnym zadaniem zwykłej maszyny do wyrobu śrub. Choć maszyna taka nie wykorzystuje w żaden szczególny sposób ani sprzężenia zwrotnego, ani lamp elektronowych, służy podobnemu celowi. To, co umożliwiły sprzężenie zwrotne i lampa elektronowa, to nie sporadyczny projekt takiego czy innego mechanizmu automatycznego, lecz ogólna zasada konstruowania automatycznych mechanizmów najróżnorodniejszych typów. Możliwość ta została wzmocniona dzięki naszemu nowemu teoretycznemu podejściu do pojęcia komunikowania się, podejściu, które bierze pod uwagę możliwość komunikowania się maszyny z maszyną. To ten właśnie zespół okoliczności umożliwia obecnie nadejście nowej epoki, epoki automatyzacji.

Obecny stan techniki w przemyśle obejmuje całość zdobyczy pierwszej rewolucji przemysłowej wraz z wieloma wynalazkami, w których teraz widzimy prekursorów drugiej rewolucji przemysłowej. Jest jeszcze za wcześnie mówić, gdzie leży ścisła granica między tymi dwoma rewolucjami. Jeśli chodzi o jej potencjalne znaczenie, lampa elektronowa na pewno należy do innej rewolucji przemysłowej niż ta, która opierała się na wykorzystaniu energii, a jednak dopiero teraz prawdziwe znaczenie wynalezienia lampy elektronowej zdołaliśmy sobie uświadomić na tyle, żeby nasze czasy uznać za okres nowej, drugiej rewolucji przemysłowej.

Dotychczas była mowa o teraźniejszym stanie rzeczy. Poruszyliśmy tylko część spraw dotyczących poprzedniej rewolucji przemysłowej. Nie wspomnieliśmy o samolocie ani o buldożerze, razem z innymi mechanizmami pracującymi w budownictwie, ani o samochodzie, ani nawet o jednej dziesiątej tych czynników, które z życia w naszych czasach uczyniły coś zupełnie odmiennego od życia w innych epokach. Można jednak powiedzieć, że poza znaczną liczbą odizolowanych przypadków rewolucja przemysłowa dotychczas pozwoliła zastąpić człowieka i zwierzę jako źródło energii, lecz nie wywarła większego wpływu na inne funkcje człowieka. Jedyńy sposób, w jaki robotnik pracujący łopatą i motyką może obecnie zarobić na życie, to wyrównując teren oczyszczony przez buldożer.

Jeśli chodzi o zasadnicze aspekty pracy, człowiek, który ma do sprzedania tylko swoją siłę fizyczną, ma do sprzedania nic, co by kto inny chciał kupić.

Wyobraźmy sobie teraz epokę bardziej zautomatyzowaną. Zastanówmy się na przykład, jak będzie w przyszłości wyglądała fabryka samochodów, a zwłaszcza linia montażowa, jako ta część fabryki, która zatrudnia najwięcej robotników. Po pierwsze, kolejność operacji będzie regulowana przez coś w rodzaju współczesnej szybkiej maszyny liczącej. I w tej książce i gdzie indziej mówiłem często, że szybka maszyna licząca jest głównie maszyną logiczną, która porównuje różne możliwości i wyciąga pewne wnioski. Całość matematyki można wyrazić jako wykonywanie szeregu czysto logicznych zadań. Jeżeli maszyna operuje taką interpretacją matematyki, jest maszyną liczącą w zwykłym sensie. Jednak oprócz wykonywania zwykłych zadań matematycznych potrafi ona dokonać logicznej operacji odpowiedniego skierowania serii rozkazów dotyczących operacji matematycznych, dlatego też, jak to się dzieje w przypadku obecnych szybkich maszyn liczących, musi zawierać przynajmniej jeden duży zestaw pełniący funkcje czysto logiczne.

Instrukcje dla takiej maszyny - mówię tu o praktyce obecnie stosowanej - podaje się za pomocą tego, co nazywaliśmy programowaniem. Rozkazy dawane maszynie mogą być wyprowadzone w sposób całkowicie zdeterminowany, lecz jest także możliwe, że aktualne okoliczności, z jakimi maszyna się styka w swej pracy, mogą być wykorzystywane za podstawę dalszego kierowania maszyną w ten sposób, że maszyna sama dla siebie sporządza nowy program lub modyfikuje dotychczasowy. Wyjaśniłem już, że uważam te procesy za pokrewne uczeniu się.

Można by przypuszczać, że obecny wielki koszt maszyn liczących wyklucza ich zastosowanie w procesach przemysłowych i że precyzyjność konieczna przy ich budowie oraz zmienność ich funkcji uniemożliwia wprowadzenie do ich budowy metod produkcji masowej. Żadne z tych twierdzeń nie jest słuszne. Przede wszystkim ogromne maszyny liczące, używane obecnie do najtrudniejszej pracy matematycznej, przedstawiają sobą koszt rzędu setek tysięcy dolarów. Nawet taka cena nie byłaby zbyt wysoka, gdy wchodzi w grę maszyna kierująca pracą naprawdę dużej fabryki, ale nie o taką cenę tutaj chodzi. Obecne maszyny liczące rozwijają się tak szybko, że właściwie każda z nich budowana jest jako nowy model. Innymi słowy, znaczna część pozornie olbrzymich kosztów wiąże się z nowym projektowaniem i z produkcją nowych części, wyrabianych przez wysoko wykwalifikowanych pracowników w warunkach pociągających za sobą wielkie koszty. Gdyby jeden typ tych maszyn przyjął się jako wzorcowy i gdyby maszyn takich wyprodukowano kilkadziesiąt, cena jednej z nich nie przekraczałaby najprawdopodobniej sumy kilkudziesięciu tysięcy dolarów. Podobna maszyna o mniejszych możliwościach, dostosowana do rozwiązania najtrudniejszych problemów obliczeniowych, a zarazem w pełni zdolna do kierowania pracą fabryki, przy produkcji na średnią skalę kosztowałaby zapewne nie więcej niż kilka tysięcy dolarów.

Rozważmy teraz kwestię masowej produkcji maszyn liczących. Gdyby jedyną możliwością takiej produkcji był wyrób masowy całych maszyn, na pewno przez długi czas moglibyśmy oczekiwać tylko produkcji na średnią skalę. Ale w każdej maszynie jej części są powtarzalne w bardzo znacznych ilościach: czy to chodzi o urządzenia pamięciowe, czy o urządzenia do operacji logicznych i arytmometr. Tak więc produkcja kilkudziesięciu maszyn oznacza potencjalną masową produkcję ich części wraz z jej korzyściami ekonomicznymi.

Może się również wydawać, iż skomplikowana budowa maszyn oznacza, że każde zadanie wymaga nowego modelu maszyny. To także jest błędne przypuszczenie. Przy założeniu choćby ogólnego podobieństwa typu operacji logicznych i matematycznych, jakich się żąda od matematycznych i logicznych zespołów maszyny, o możliwościach danej maszyny rozstrzyga programowanie, a przynajmniej podstawowy program dla maszyny. Jest to bardzo specjalne zadanie dla wysoko

kwalifikowanego specjalisty w bardzo wąskiej dziedzinie; ale jest to praca wykonywana raz na zawsze, i tylko częściowo trzeba ją powtarzać, gdy maszynę modyfikuje się w zależności od nowych wymagań przemysłu. A zatem koszt takiego specjalisty rozłoży się na ogromną ilość produktu i nie będzie istotnym czynnikiem przy posługiwaniu się maszyną.

Maszyna licząca jest głównym ośrodkiem fabryki zautomatyzowanej, ale nigdy nie będzie całą fabryką. Z jednej strony, otrzymuje ona szczegółowe instrukcje od elementów pełniących funkcje narządów zmysłu: komórek fotoelektrycznych, kondensatorów odczytujących grubość papieru, termometrów, liczników koncentracji jonów wodoru i innych podręcznych aparatów produkowanych przez fabryki instrumentów dla celów kontroli procesów przemysłowych. Instrumenty te już teraz są zbudowane tak, że za pomocą elektryczności przekazują informacje z odległych stanowisk. Jedyne, co jest potrzebne do umożliwienia im wprowadzenia tych informacji do szybkich automatycznych maszyn liczących, to urządzenie czytające, które -położenie lub skalę przełoży na określoną sekwencję cyfr. Urządzenia takie już istnieją i nie stwarzają wielkich trudności - ani co do zasady działania, ani co do szczegółów konstrukcji. Problem narządów zmysłu nie jest nowy i jest już skutecznie rozwiązywany.

Oprócz tych narządów zmysłu system sterowania musi obejmować efekторы, czyli części składowe oddziałujące na świat zewnętrzny. Niektóre z nich, jak silniki otwierające i zamykające wentyle, uchwyty poruszane elektrycznością itp. są już dobrze znane. Inne trzeba będzie wynaleźć, aby dokładniej odtworzyć czynności ludzkiej ręki, której pomaga ludzkie oko. Przy obróbce podwozia samochodowego można na powierzchni metalu pozostawiać pewne płaszczyzny, które by służyły za „informatory”. Narzędzia - czy to bor, czy nitownica, czy inne - byłyby doprowadzane w okolicę tych powierzchni za pomocą mechanizmu fotoelektrycznego, kierującego się na przykład plamami z lakieru i ustawiającego ostatecznie narzędzie na określonym punkcie, tak aby kontakt narzędzia z powierzchnią był mocny, lecz nie niszczył obrabianego elementu. To jest tylko jeden ze sposobów. Każdy dobry inżynier może obmyślić kilkadziesiąt innych.

Zakładam oczywiście, że instrumenty działające jako narządy zmysłów notują nie tylko pierwotny stan pracy, ale i wyniki wszystkich wcześniejszych procesów. Dzięki temu maszyna może wykonywać operacje oparte na sprzężeniu zwrotnym albo proste, w rodzaju tych, które już dziś rozumiemy, albo takie, które wymagają bardziej zawitych procesów rozróżniania, regulowanych centralnie jako system logiczny lub matematyczny. Innymi słowy, całość będzie odpowiadała całemu zwierzęciu, z jego narządami zmysłów, efektorami, proprioceptorami, a nie tylko - jak w przypadku ultraszybkiej maszyny liczącej - wyizolowanemu mózgowi, uzależnionemu od naszej interwencji tam, gdzie chodzi o jego doświadczenie i skuteczność działania.

Tempo, z jakim te nowe urządzenia mogą być wprowadzane do przemysłu, będzie się bardzo wahało, w zależności od branży. Maszyny automatyczne, może nie ściśle takie, jak je tu opisano, ale wykonywające mniej więcej takie same funkcje, są już szeroko stosowane w przemysłach opartych na ciągłych procesach produkcyjnych, jak fabryki konserw, walcownie stali, a zwłaszcza fabryki drutu i blachy. Są one także znane w papierniach, które również produkują w sposób ciągły. Inne miejsca, gdzie automatyzacja jest niezbędna, to fabryki, w których praca jest zbyt niebezpieczna, by znaczniejsza liczba pracowników ryzykowała życie przy kontroli procesu produkcji, i w których mogą powstawać sytuacje tak groźne, że trzeba z góry przewidzieć sposób postępowania, a nie pozostawiać decyzji w rękach kogoś, kto na miejscu będzie musiał działać w pośpiechu i podnieceniu. Jeżeli takie środki zaradcze można obmyśleć z góry, można je sformułować jako program, który będzie kierował całym procesem w zależności od tego, co odczytają instrumenty. Innymi słowy, fabryki takie będą przypominały powiązane ze sobą sygnały i ruchy zwrotne w wieży rozdzielczej na stacji kolejowej. System taki stosowany jest już przy krakowaniu ropy, w różnych fabrykach

chemicznych i przy używaniu niebezpiecznych substancji, stosowanych przy wykorzystywaniu energii atomowej.

Wymieniliśmy już taśmę montażową jako miejsce zastosowania takiej techniki. Na taśmie montażowej, podobnie jak w fabryce chemicznej i w papierni, opartej na ciągłym procesie produkcji, konieczna jest statystyczna kontrola jakości produktu. Kontrola ta zależy od sposobu pobierania próbek. Metodę taką Wald i inni opracowali w formie techniki zwanej analizą sekwencyjną, przy której próbek nie pobiera się hurtem, lecz w sposób ciągły, równoległe do procesu produkcji. To, co jest wykonywane techniką tak unormowaną, że może być powierzone maszynie statystycznej, nie rozumiejącej, na czym polega proces, może być równie dobrze wykonane przez maszynę liczącą. Innymi słowy, poza najwyższym poziomem całej pracy, maszyna zajmuje się bieżącą kontrolą statystyczną oraz procesem produkcji.

Na ogół księgowość fabryczna jest niezależna od produkcji, ale dane dotyczące kalkulacji kosztów, o ile pochodzą od maszyn lub taśm montażowych, mogą być bezpośrednio przekazywane maszynie liczącej. Inne dane mogą być wprowadzane do tejże maszyny od czasu do czasu przez obsługujących ją ludzi, ale gros pracy biurowej da się wykonać mechanicznie, poza takimi specjalnymi sprawami, jak zewnętrzna korespondencja. Ale nawet znaczna część tej korespondencji może być otrzymywana na kartach perforowanych lub wysyłana na takich że kartach przez pracowników o bardzo niskich kwalifikacjach. Od tego etapu wszystko może się odbywać za pomocą maszyn. Taka mechanizacja może również objąć znaczną część pracy związanej z biblioteką i kartotekami fabryki.

Innymi słowy, maszyna nie stwarza przywilejów ani dla pracy fizycznej, ani dla umysłowej. Toteż dziedziny, które zapewne obejmie nowa rewolucja przemysłowa, są bardzo rozległe i dotyczą wszelkiej pracy związanej z podejmowaniem decyzji na niskich szczeblach, podobnie jak zastąpienie siły fizycznej w czasie pierwszej rewolucji przemysłowej dotyczyło wszystkich aspektów pracy ludzkiej. Pozostaną oczywiście zawody, których nowa rewolucja przemysłowa nie obejmie albo dlatego, że nowe maszyny nie będą ekonomiczne w przedsiębiorstwach tak małych, że nie podołałyby kosztom inwestycji, albo dlatego, że praca tam jest tak zróżnicowana, że niemal każda czynność wymagałaby oddzielnego programowania. Nie wyobrażam sobie maszyn automatycznych zastępujących decyzje ludzkie w zastosowaniu do małych sklepów spożywczych lub małych garaży, chociaż wyobrażam je sobie doskonale w hurtowni artykułów spożywczych i w fabryce samochodów. Robotnik rolny, choć już zaczyna odczuwać presję urządzeń automatycznych, chroniony jest przed ich naciskiem na pełną skalę przez zróżnicowanie terenu i upraw, warunki klimatyczne itp. Ale nawet tu wielkie fermy i plantacje są coraz bardziej uzależnione od maszyn do zbierania bawełny i niszczenia chwastów, podobnie jak rolnicy uprawiający pszenicę od dawna uzależnieni są od żniwiarki McCormicka. Tam, gdzie można używać takich maszyn, można sobie również wyobrazić użycie maszyn podejmujących decyzje.

Wprowadzenie tych nowych urządzeń i termin, w jakim to może nastąpić, są w znacznej mierze sprawami ekonomicznymi, na których się nie znam zbyt dobrze. Jeśli nie dojdzie do jakichś gwałtownych przemian politycznych lub nowej wielkiej wojny, czas potrzebny na to, aby te nowe urządzenia zdobyły sobie mocną pozycję, oceniam na dziesięć do dwudziestu lat. Wojna zmieniłaby wszystko błyskawicznie. W przypadku wdania się w wojnę z tak wielkim mocarstwem jak Rosja - a stawałoby to poważne wymagania naszej piechocie, a tym samym naszej sile roboczej - moglibyśmy się znaleźć w dużym kłopotcie, chcąc zapewnić sobie odpowiednią produkcję przemysłową. W tych warunkach zastąpienie produkcji przy pomocy ludzi innymi jej formami mogłoby się okazać dla narodu sprawą życia i śmierci. Jesteśmy już tak zaawansowani w stworzeniu jednolitego systemu automatycznych maszyn kierujących produkcją, jak byliśmy zaawansowani w rozwoju radaru w roku 1939. Tak jak wymogi Bitwy o Anglię nakazały nam zaatakować problem

radaru na wielką skalę, tak samo byłoby w razie wojny z potrzebą zastąpienia ludzkiej siły roboczej maszynami. Tacy ludzie, jak zdolni radioamatorzy, matematycy i fizycy, których tak często zamieniano w biegłych inżynierów elektryków dla celów projektowania radaru, mogą być w dalszym ciągu użyci do podobnego zadania, jakim jest projektowanie maszyn automatycznych. A przecież wyrasta nowe, zdolne pokolenie ludzi wyszkolonych przez tamtych.

W takich warunkach okres około dwóch lat, które były potrzebne do wprowadzenia na pole bitew radaru o dużym stopniu skuteczności działania, nie byłby chyba przekroczony, gdyby chodziło o szybkie stworzenie fabryk zautomatyzowanych. Pod koniec takiej wojny umiejętności potrzebne do budowania takich fabryk byłyby powszechne, a ponadto pozostałyby znaczne zapasy urządzeń wyprodukowanych na zamówienie rządowe, które wówczas byłyby w sprzedaży i do nabycia przez przemysłowców. Tak więc nowa wojna niemal w sposób nieunikniony wprowadziłaby w pełni epokę automatyzacji w czasie krótszym niż pięć lat.

Mówiłem o aktualności i groźbie takiej możliwości. Jakich skutków gospodarczych i społecznych moglibyśmy oczekiwać? Przede wszystkim nagłego i ostatecznego zniknięcia zapotrzebowania na tych robotników fabrycznych, którzy stale wykonują ciągle powtarzające się czynności. Na dłuższą metę, ze względu na to, że stale powtarzane czynności są śmiertelnie nudne, zjawisko to może być korzystne i stać się źródłem wolnego czasu, niezbędnego dla pełnego kulturalnego rozwoju człowieka. Może ono zresztą również dać efekty kulturalne tak błahe i połączone z takim marnotrawstwem środków, jak to się dotychczas dzieje z radiem i filmem.

Jakkolwiek będzie, przejściowy okres wprowadzania nowych metod, zwłaszcza jeśli nadejdzie w formie piorunującej w wyniku nowej wojny, doprowadzi natychmiast do czasowego okresu straszliwego zamętu. Mamy sporo doświadczenia na temat, jak przemysłowcy zapatrują się na nowy potencjał w przemyśle. Cała ich propaganda zmierza do wykazania, że nie można tego uznać za sprawę rządu, lecz należy pozostawić wielkim przedsiębiorcom, którzy zechcą zainwestować kapitały. Wiemy też, że mają oni bardzo mało skrupułów, gdy chodzi o zagarnięcie całego możliwego zysku z danego przemysłu i pozostawienie ogółowi społeczeństwa tylko okruchów. Są to dzieje przemysłu drzewnego i górnictwa, i stanowią część tego, co w jednym z poprzednich rozdziałów nazwaliśmy tradycyjną amerykańską filozofią postępu.

W takich warunkach przemysł będzie zalany nowymi urządzeniami o tyle, o ile będą one obiecywać natychmiastowe zyski, bez względu na to, jakie szkody mogą wyrządzić na dłuższą metę. Będziemy świadkami procesu analogicznego do tego, jakim było użycie energii atomowej do produkcji bomb, pozwalające skompromitować zasadnicze możliwości perspektywicznego wykorzystania energii atomowej i zastąpienia nią ropy i węgla, które w ciągu stuleci, jeśli nie dziesiątków lat, mogą się całkowicie wyczerpać. Zauważcie przy tym, że bomby atomowe nie stanowią konkurencji dla firm zajmujących się dostawą energii.

Pamiętajmy, że maszyny automatyczne, niezależnie od tego, czy przypisujemy im jakieś stany emocjonalne czy nie, są dokładnym ekonomicznym odpowiednikiem pracy niewolniczej, a każda siła robocza, która chce współzawodniczyć z pracą niewolniczą, musi zgodzić się na ekonomiczne warunki takiej pracy. Jest rzeczą oczywistą, że doprowadzi to do bezrobocia, wobec którego obecna recesja, a nawet depresja z lat trzydziestych, wyda się zabawnym żartem. Ta nowa depresja zrujnuje wiele gałęzi przemysłu, nawet takich, które skorzystają z nowych możliwości. Nic jednak w tradycji działalności, przemysłowej nie przeszkadza przedsiębiorcy zagarnąć pewny i szybki zysk i wycofać się z interesu, zanim krach dotknie jego samego.

Toteż nowa rewolucja przemysłowa jest obosiecznym mieczem. Może ona być użyta dla dobra ludzkości, lecz pod warunkiem, że ludzkość będzie żyła dostatecznie długo, by wejść w okres,

w którym wykorzystanie tego dobrodziejstwa będzie możliwe. Może ona również być użyta do zniszczenia ludzkości, a jeśli nie będzie stosowana rozumnie, może się posunąć bardzo daleko w tym kierunku. Ale na horyzoncie widać już oznaki wróżące nadzieję. Od czasu ukazania się pierwszego wydania niniejszej książki uczestniczyłem w dwóch wielkich zebraniach dyrektorów przedsiębiorstw i z radością stwierdziłem, że bardzo wielu obecnych miało świadomość społecznych niebezpieczeństw nowej technologii oraz społecznych obowiązków ciążyących na kierownikach przedsiębiorstw, którzy winni dbać o to, żeby nowe możliwości były użyte dla dobra człowieka, zwiększenia jego wolnego czasu i wzbogacenia życia duchowego, a nie wyłącznie dla zysku i kultu maszyny, jako nowego złotego cielca. Grozi nam jeszcze wiele niebezpieczeństw, ale istnieją ziarna dobrej woli i nie jestem już takim pesymistą, jakim byłem w okresie ukazania się pierwszego wydania tej książki.

## Rozdział X

### Niektóre maszyny do porozumiewania się i ich przyszłość

Poprzedni rozdział poświęciłem przemysłowym i społecznym konsekwencjom zastosowania niektórych maszyn kierujących, które już zaczynają wykazywać znaczne możliwości zastępowania pracy ludzkiej. Ale istnieje jeszcze wiele problemów związanych z automatami, nie mających nic wspólnego z naszym systemem fabrycznym, lecz służących albo do zilustrowania i wyświetlenia ogólnych możliwości mechanizmów do porozumiewania się lub pół-lekarskim celom protezowania i zastępowania funkcji ludzkich, funkcji, które u jednostek dotkniętych przez los zostały osłabione albo uległy zniszczeniu. Pierwsza maszyna, jaką omówię, była zaprojektowana dla celów teoretycznych jako ilustracja pracy, którą wykonałem na papierze kilka lat temu z moimi kolegami: Arturo Rosenbluethem i drem Julianem Bigelowem. W pracy tej domyślaliśmy się, że mechanizm czynności zależnych od woli ludzkiej ma charakter sprzężenia zwrotnego, toteż odpowiednio w czynnościach zależnych od woli ludzkiej szukaliśmy takich cech załamania się, jakie wykazują mechanizmy oparte na sprzężeniu zwrotnym, gdy się je nadmiernie obciążą.

Najprostszy typ takiego załamania przybiera formę oscylacji w procesie szukania celu i przejawia się tylko wówczas, gdy proces taki zostanie czynnie pobudzony.

Odpowiada to dość dokładnie zjawisku występującemu u ludzi w postaci tzw. drżenia zamiarowego (*intention tremor*), np. gdy pacjent sięga po szklankę z wodą, jego ręka drży coraz silniej, tak że nie może on podnieść szklanki.

Inny typ drżenia spotykany u ludzi jest diametralnie przeciwny poprzedniemu. Nazywa się chorobą Parkinsona i znany jest jako paralityczne drżenie ludzi starych. Drżenie to występuje nawet w spoczynku, a właściwie wówczas, gdy choroba nie jest zbyt zaawansowana, wyłącznie w spoczynku. Gdy pacjent chce wykonać określoną czynność, drżenie to ustępuje tak dalece, że we wczesnym stadium choroby pacjent może nawet być dobrym chirurgiem oczywnym.

Wszyscy trzej skojarzyliśmy sobie chorobę Parkinsona z aspektem sprzężenia zwrotnego, nieco odmiennym od typu sprzężenia zwrotnego związanego z dążeniem do celu. Aby ostateczny celowy skurcz mięśni zyskał odpowiednie poparcie, różne stawy, nie związane bezpośrednio z ruchem nastawionym na ten cel, muszą być utrzymywane w stanie lekkiego napięcia. Potrzebny jest do tego wtórny mechanizm sprzężenia zwrotnego; jego ośrodek w mózgu mieści się, jak można przypuszczać, nie w mózdzku, który jest centralną stacją kierującą tym mechanizmem, jaki załamuje się



w przypadku drżenia zamiarowego. Ten drugi rodzaj sprzężenia zwrotnego znany jest pod nazwą sprzężenia zwrotnego posturalnego.

Można wykazać matematycznie, że w obu rodzajach drżenia sprzężenie zwrotne działa zbyt silnie. Gdy rozpatrujemy rodzaj sprzężenia zwrotnego, odgrywającego ważną rolę w chorobie Parkinsona, okazuje się, że sprzężenie zwrotne, zależne od woli człowieka i regulujące ruch zasadniczy, działa w kierunku przeciwnym do sprzężenia zwrotnego posturalnego, regulującego np. ruch części ciała. Dlatego też pojawienie się celu redukuje nadmierne wzmocnienie powodowane przez posturalne sprzężenie zwrotne, i może je zmniejszyć poniżej poziomu oscylacji. Sprawy te były nam doskonale znane teoretycznie, lecz do niedawna nie postaraliśmy się o wykonanie odpowiednio działającego modelu. Potem jednak stało się pożądane skonstruowanie aparatu dla celów pokazowych, który by działał zgodnie z naszymi teoriami.

Profesor J. B. Wiesner z Laboratorium Elektroniki w Massachusetts Institute of Technology omówił ze mną możliwość budowy maszyny odznaczającej się tropizmem, czyli posiadającej prosty, na stałe w nią „wbudowany” cel, do którego dąży, o częściach odznaczających się zdolnością dostosowawczą na tyle, żeby móc pokazać główne objawy sprzężenia zwrotnego zależnego od woli oraz sprzężenia zwrotnego posturalnego, a także ich załamania się. Na naszą propozycję p. Henry Singleton podjął się budowy takiej maszyny i wspaniale wywiązał się z tego zadania. Maszyna odznacza się dwoma głównymi rodzajami zachowania, fototropycznym dodatnim (szukanie światła) i ujemnym (unikanie go). Maszynę tę, zależnie od jej zachowania się, nazwaliśmy *Ćmą* i *Pluskwą*. Składa się ona z trójkołowego wózka z silnikiem dającym napęd na tylną oś. Przednie koło jest sterowane przez pewnego rodzaju dźwignię. Na wózku umieszczone są dwie komórki fotoelektryczne, skierowane do przodu, przy czym jedna obejmuje lewy kwadrant, a druga prawy. Komórki te są przeciwnymi ramionami mostka. Wyjście mostka, który można odwracać, przeprowadzone jest przez dający się regulować wzmacniacz, po czym idzie ono do silnika nastawczego, który według potencjometru reguluje położenie jednego kontaktu. Drugi kontakt jest regulowany również przez silnik nastawczy, który jednocześnie porusza dźwignię. Wyjście z potencjometru, reprezentujące różnicę pomiędzy położeniem obu silników nastawczych, prowadzi przez następny, dający się regulować wzmacniacz, do drugiego silnika nastawczego, regulując w ten sposób dźwignię kierującą przednim kołem.

W zależności od kierunku wyjścia mostka, cały instrument będzie się kierował w tę stronę, w której jest więcej światła, albo w przeciwną. W obu przypadkach występuje dążenie do zrównoważenia kierunku ruchu instrumentu: sprzężenie zwrotne zależne od źródła światła prowadzi do komórek fotoelektrycznych, a stamtąd do urządzenia kierującego sterem, przez co zmieniając kąt padania światła instrument ostatecznie reguluje swój własny ruch.

Sprzężenie zwrotne dąży do uzyskania efektu fototropizmu dodatniego lub ujemnego i stanowi odpowiednik sprzężenia zwrotnego zależnego od woli, ponieważ przyjmujemy, że u człowieka czynność zależna od woli jest w zasadzie wyborem spośród tropizmów. Gdy sprzężenie zwrotne działa zbyt silnie na skutek wzmocnienia, instrument - „ćma” lub „pluskwa”, w zależności od tropizmu - będzie dążyć do światła lub od niego uciekać ruchem oscylującym, przy czym oscylacje te będą się stale wzmacniać. Jest to bliski odpowiednik drżenia zamiarowego, które kojarzymy z uszkodzeniem mózdzku.

Nastawczy mechanizm steru zawiera drugie sprzężenie zwrotne, które można uznać za posturalne. Przebiega ono od potencjometru do drugiego silnika i z powrotem do potencjometru, a jego punkt zerowy regulowany jest przez wyjście pierwszego sprzężenia zwrotnego. Gdy działa ono zbyt silnie, następuje drugi rodzaj drżenia steru, występujący przy braku światła, czyli wówczas, gdy maszyna pozbawiona jest celu. Teoretycznie wynika to stąd, że działanie pierwszego mechanizmu jest

antagonistyczne wobec sprzężenia zwrotnego drugiego mechanizmu i dąży do jego zmniejszenia. Zjawisko takie u człowieka nazwaliśmy chorobą Parkinsona.

Otrzymałem niedawno list od dra Greya Waltera z Instytutu Neurologicznego Burdena w Bristolu w Anglii, w którym autor wyraża zainteresowanie „ćmą-pluskwą” i pisze o podobnym mechanizmie własnej konstrukcji, różniącym się od mojego tym, że posiada określony, ale zmienny cel. Jego słowami: „Włączyliśmy urządzenia inne niż sprzężenia zwrotne, co nadaje mu badawczą i etyczną postawę wobec wszechświata, obok czysto tropistycznej”. Możliwość takiej zmiany we wzorze postępowania omawiana jest w rozdziale tej książki na temat uczenia się; odnosi się to bezpośrednio do maszyny dra Waltera, chociaż na razie nie wiem dokładnie, jakimi środkami posłużył się on do uzyskania tego rodzaju zachowania się swego instrumentu.

„Ćma” oraz dalsze rozwinięcie maszyny działającej na zasadzie tropizmu, dokonane przez dra Waltera, mogą się na pierwszy rzut oka wydawać ćwiczeniami w wirtuozerii technicznej lub najwyżej technicznymi komentarzami do tekstu filozoficznego. Pomimo tego posiadają one pewną wyraźną użyteczność. Służba Zdrowia armii Stanów Zjednoczonych sfotografowała „ćmę”, aby ją porównać z rzeczywistymi stanami drżenia spowodowanymi zaburzeniami nerwowymi i aby w ten sposób pomóc w szkoleniu neurologów.

Istnieje drugi rodzaj maszyn, którymi zajmowaliśmy się również, a które dla medycyny mają wartość znacznie bardziej bezpośrednią. Maszyny te mogą być używane do rehabilitacji osób, które padły ofiarą urazów lub których narządy zmysłów mają wrodzone wady, a także dla dania nowych, potencjalnie niebezpiecznych potężnych możliwości ludziom o zdrowych zmysłach. Ta pomoc może polegać na skonstruowaniu lepszych protez, na produkcji instrumentów, które umożliwią niewidomym czytanie zwykłego tekstu przez to, że wizualną formę druku będą tłumaczyły na dźwięki, oraz innych, podobnych aparatów, które przestrzegając przed niebezpieczeństwem dadzą im swobodę poruszania się. W pierwszym zaś rzędzie dzięki tego rodzaju aparatom możemy w pełni pomóc głuchoniemym. Jest to prawdopodobnie najłatwiejsze do wykonania - częściowo dlatego, że technika telefoniczna stanowi najlepiej zbadaną i najdokładniej znaną technikę porozumiewania się, częściowo zaś dlatego, że utrata słuchu ogranicza się prawie wyłącznie do utraty możliwości brania swobodnego udziału w rozmowie, a częściowo również dlatego, że użyteczna informacja przekazywana w mowie może być przekazywana przez zmysł dotyku.

Jakiś czas temu profesor Wiesner powiadomił mnie, że interesuje się możliwościami zbudowania aparatu służącego ludziom całkowicie głuchym i że chce się zapoznać z moim zdaniem na ten temat. Powiedziałem, co o tym sądzę, i okazało się, że nasze zdania w tej sprawie były bardzo zbliżone. Wiedzieliśmy, że w laboratorium firmy Bell pracowano już nad mową wizualną (*visible speech*) i że praca ta wiązała się z ich wcześniejszą pracą nad aparatem zwanym Vocoder. Wiedzieliśmy też, że dzięki pracy nad Vocoderem uzyskaliśmy lepszą niż dotychczas miarę ilości informacji, której przekazanie jest niezbędne do tego, żeby mowa była zrozumiała. Czuliśmy jednak, iż mowa wizualna ma dwie słabe strony: nie wydaje się łatwe wykonanie przenośnego aparatu, który by mógł służyć do tego celu, a ponadto forma ta stawia zbyt duże wymagania zmysłowi wzroku, który dla osób głuchych jest stosunkowo jeszcze ważniejszy niż dla nas wszystkich. Przybliżona ocena wykazała, że zasadę stosowaną w aparacie służącym do odtwarzania mowy wizualnej można odnieść do zmysłu dotyku, i to właśnie postanowiliśmy przyjąć za podstawę przy konstruowaniu naszego aparatu.

Wkrótce po przystąpieniu do pracy dowiedzieliśmy się, że badacze z laboratorium Bella również wzięli pod uwagę możliwość dotykowej recepcji dźwięków i włączyli to do swego wniosku o patent. Bardzo życzliwie powiadomili nas, że nie prowadzili w tej dziedzinie żadnych badań eksperymentalnych i że dają nam wolną rękę w naszych badaniach. Zaprojektowanie i wykonanie

aparatu powierzyliśmy p. Leonowi Levine'owi z pracowni elektronicznej. Przewidywaliśmy, że kwestia wprawy w posługiwaniu się aparatem będzie odgrywać dużą rolę przy jego praktycznym zastosowaniu, i w tym zakresie korzystaliśmy z porad dra Aleksandra Bavelasa z naszego wydziału psychologii.

Problem interpretowania mowy za pośrednictwem zmysłu innego niż słuch, na przykład zmysłu dotyku, można z językowego punktu widzenia wyjaśnić w sposób następujący. Jak wspomnieliśmy, można odróżnić z grubsza trzy stadia językowe i dwa pośrednie tłumaczenia pomiędzy światem zewnętrznym a subiektywnym odbiorem informacji. Pierwsze stadium to symbole akustyczne pojmowane fizycznie jako drgania powietrza; drugie stadium, fonetyczne, polega na rozmaitych zjawiskach w uchu wewnętrznym i związanych z nim częściach układu nerwowego; trzecie stadium, semantyczne, to przekład tych symboli na doświadczenie związane z interpretacją znaczeniową.

W przypadku osoby głuchej istnieje stadium pierwsze i trzecie, ale brak jest drugiego. Można sobie jednak doskonale wyobrazić, że zastąpimy drugie stadium omijając zmysł słuchu i działając na przykład poprzez zmysł dotyku. Tutaj tłumaczenie stanowiące przejście od pierwszego stadium do drugiego odbywałoby się nie za pomocą aparatu fizyczno-nerwowego, jaki jest nam wrodzony, lecz za pomocą sztucznego układu zbudowanego przez człowieka. Tłumaczenie stanowiące przejście od drugiego do trzeciego stadium nie jest nam bezpośrednio dostępne, ale reprezentuje ono tworzenie się nowego systemu nawyków i reakcji, takich jak te, które w nas powstają wówczas, gdy np. uczymy się prowadzić samochód. Obecny stan naszego aparatu wygląda tak: przejście od pierwszego do nowego, drugiego stadium jest dość dobrze opanowane, chociaż pozostają jeszcze do pokonania pewne trudności techniczne; badamy również proces uczenia się, to jest przejście od drugiego do trzeciego stadium, i badania te, naszym zdaniem, są niezwykle obiecujące. Najlepszy osiągnięty dotychczas wynik to - przy opanowanym słownictwie składającym się z dwunastu prostych słów - w osiemdziesięciu kolejnych powtórzeniach dobranych losowo słów było tylko sześć błędów.

W naszej pracy musimy stale mieć na uwadze pewne fakty. Po pierwsze, jak już mówiłem, słuch nie jest tylko zmysłem służącym do porozumiewania się, używanym do utrzymywania kontaktu z innymi osobami. Jest on również zmysłem, który odpowiada pewnym czynnościom służącym do porozumiewania się, a mianowicie mowie. Inne funkcje słuchu, takie jak odbieranie dźwięków występujących w przyrodzie oraz słuchanie muzyki, są ważne, lecz nie tak ważne, abyśmy uważali za społecznie głuchego tego człowieka, który by mógł używać słuchu do zwykłego porozumiewania się w mowie, ale nie do innych celów. Innymi słowy, słuch ma tę własność, że gdybyśmy byli pozbawieni możliwości posługiwania się nim we wszystkich okolicznościach poza rozmowami z innymi ludźmi, to cierpielibyśmy z tego powodu tylko nieznacznie.

Z punktu widzenia protezy, która by zastępowała brakujący zmysł, cały proces mówienia musimy traktować jako całość. Jakie to jest ważne, przekonamy się natychmiast obserwując mowę głuchoniemych. Dla znacznej większości głuchoniemych nauczenie się czytania ruchu warg nie jest ani niemożliwe, ani nadmiernie trudne - do tego stopnia, że osoby te potrafią nabyć wcale niezłą biegłość w przyjmowaniu ustnych informacji od innych. Z drugiej jednak strony, z bardzo nielicznymi wyjątkami - i to przy zastosowaniu najnowszych metod uczenia się - olbrzymia większość głuchoniemych, chociaż potrafi nauczyć się używania warg i ust w celu wydawania dźwięków, czyni to z intonacją groteskową i ostrą, stanowiącą bardzo nieudolną formę nadawania wiadomości.

Trudność polega na tym, że dla tych ludzi akt rozmowy jest rozbity na dwie całkowicie od siebie oddzielone części. Można człowiekowi normalnemu stworzyć analogiczną sytuację, jeżeli każe mu się porozumiewać z kimś innym przez telefon zbudowany tak, że mówiąc nie słyszy on własnego głosu. Budowa takiego urządzenia jest bardzo prosta i była nawet brana pod uwagę przez firmy

telefoniczne, ale została zarzucona ze względu na ogromną frustrację, jaką powoduje, a zwłaszcza frustrację wywołaną faktem, że mówiący nie zdaje sobie sprawy, ile z jego głosu przedostaje się na linię telefoniczną. Ludzie posługujący się takimi aparatami zawsze czują się zmuszeni krzyczeć z całej siły, aby uzyskać pewność, że ich usłyszano.

Gdy wrócimy do zwykłej mowy, widzimy, iż u ludzi normalnych proces mówienia i słyszenia stanowi jedną nierozdzielalną całość, a sam proces nauczania się mowy jest uwarunkowany faktem, że każdy mówiący słyszy sam siebie. Dla uzyskania najlepszych wyników nie wystarcza słyszeć siebie, mówiącego od czasu do czasu, a w przerwach między tymi momentami posługiwać się pamięcią. Mówić dobrze można tylko wtedy, gdy się jest poddany stałemu nasłuchowi i samokontroli. Przy wszelkich urządzeniach pomocniczych dla ludzi całkowicie głuchych należy brać ten fakt pod uwagę; i chociaż urządzenia te mogą oddziaływać na inny zmysł, na przykład na dotyk, a nie na zmysł słuchu, którego dana osoba nie posiada, to jednak powinny przypominać stosowane obecnie miniaturowe aparaty wzmacniające dźwięki, aby były łatwe do noszenia i mogły być stale używane.

Dalsze problemy protezy zastępującej słuch zależą od ilości informacji istotnie używanej przy słuchaniu mowy. Według najogólniejszych ocen, maksimum tego, czym może się posługiwać komunikacja akustyczna, obejmuje zakres dźwięków wynoszący 10 000 cykli oraz zakres amplitudy wynoszący około 80 decybeli. Ale to maksimum możliwości ucha ludzkiego bynajmniej nie reprezentuje stanu informacji przekazywanej w mowie w praktyce. Przede wszystkim mowa taka jak w rozmowie telefonicznej wymaga przekazania nie więcej niż 3 000 cykli, amplituda zaś na pewno nie przekracza 5-10 decybeli, lecz nawet i tutaj, traktując bez przesady to, co jest przekazywane do ucha ludzkiego, przesadzamy bardzo w ocenie tego, co jest potrzebne dla ucha i mózgu, by odtworzyć mowę w sposób zrozumiały dla odbiorcy.

Powiedzieliśmy już, że najlepsze wyniki w takiej ocenie uzyskano w Bell Telephone Laboratories pracując nad Vocoderem. Można wykazać, że jeśli mowę ludzką podzielić na nie więcej niż pięć pasm i poddać je określonemu zabiegowi, tak aby postrzegane były tylko ich zewnętrzne kształty, modulując następnie dowolne dźwięki w obrębie ich częstotliwości, wówczas przy zsumowaniu tych dźwięków pierwotną mowę można rozpoznać jako mowę w ogóle, a nawet jako mowę określonej osoby. Dzieje się tak, mimo że ilość możliwej do przekazania informacji, wykorzystywanej lub nie, została zredukowana do jednej dziesiątej, a może nawet do jednej setnej potencjalnej informacji pierwotnej.

Wprowadzając rozróżnienie pomiędzy informacją wykorzystaną i niewykorzystaną, rozróżniamy maksymalną kodową pojemność mowy odbieranej uchem, a maksymalną pojemność przedostającą się przez kaskadową sieć kolejnych stadiów odbioru, sieć obejmującą ucho i mózg. Pierwsza pojemność ma znaczenie tylko dla transmisji mowy przez powietrze lub przez instrumenty pośredniczące, takie jak telefon; w transmisji kończącej się w uchu jest ona nieistotna z punktu widzenia narządu znajdującego się w mózgu i służącego do rozumienia mowy. Druga pojemność określa przekazującą zdolność całego kompleksu: powietrze-telefon-ucho-mózg. Mogą oczywiście istnieć subtelne odcienie tonu, które nie przedostają się przez ten system transmisyjny, działający na zasadzie wąskiego pasma, i trudno jest ocenić ilość informacji utraconej w ten sposób; ilość ta jednak wydaje się niewielka. Na tym pomysł opiera się Vocoder. Wcześniejsze techniczne koncepcje oceny ilości informacji miały tę wadę, że nie brały pod uwagę końcowego elementu w łańcuchu prowadzącym od powietrza do mózgu.

Wykorzystując inne zmysły osoby głuchej musimy pamiętać, że poza wzrokiem są one mniej doskonałe od słuchu i przekazują mniejszą ilość informacji na jednostkę czasu. Jedyne sposoby, w jakie możemy kazać mniej wydajnemu zmysłowi pracować z maksymalną wydajnością, polegają na tym, że

przesyłamy za pośrednictwem tego zmysłu nie całą ilość informacji, otrzymywaną normalnie za pośrednictwem słuchu, lecz ilość niejako redakcyjnie okrojona, aczkolwiek wystarczająca do zrozumienia tego, co przekazujemy. Innymi słowy, część funkcji, spełnianej zwykle przez kory mózgową po odbiorze dźwięku, zastępujemy filtrowaniem informacji, zanim zostanie ona przekazana receptorom dotykowym. W ten sposób część funkcji kory mózgowej przekazujemy sztucznej „korze” zewnętrznej. W przypadku aparatu, o którym teraz mówimy, robimy to przez rozdzielenie pasma częstotliwości mowy tak, jak w Vocoderze, a następnie przez przekazanie tych rozdzielonych pasm, poddanych procesowi prostownicemu, do różnych rejonów dotykowych, uprzednio przyuczonych do rozpoznawania drgań o częstotliwości łatwo wyczuwalnej przez skórę. Na przykład, pięć pasm można kierować, każde do innego palca jednej ręki.

Taka jest zasadnicza koncepcja aparatu służącego do odbioru mowy za pośrednictwem drgań dźwiękowych, elektrycznie przetwarzanych na ruchy dotykadeł. Jesteśmy już na tyle zaawansowani w pracy, że wiemy, iż wzory wielu słów różnią się wystarczająco jeden od drugiego, a zarazem u wielu osób mówiących są dostatecznie podobne, żeby można je było rozpoznawać bez zbyt długiego ćwiczenia. Od tego momentu główny kierunek badań musi się skupić na dokładniejszym uczeniu głuchoniemych, jak rozpoznawać i odtwarzać dźwięki. Jeśli chodzi o aspekt techniczny, to nadal mamy poważne problemy dotyczące przenośności aparatu oraz zmniejszenia jego zapotrzebowania na energię i uniknięcia przy tym wyraźnego zmniejszenia się jego wydajności. Sprawy te są jeszcze nie rozstrzygnięte. Nie chcę wywoływać nieuzasadnionych, a zwłaszcza przedwczesnych nadziei u osób dotkniętych kalectwem i u ich bliskich, lecz sądzę, że szanse powodzenia istnieją na pewno, i to dość znaczne.

Od czasu ukazania się pierwszego wydania niniejszej książki różni badacze wyjaśnili rozmaite kwestie związane z teorią komunikacji. Wspomniałem już o homeostatach dr Ashby’ego i nieco podobnych aparatach dra Greya Waltera. Teraz powiem o wcześniejszych aparatach dra Waltera, nieco podobnych do „ćmy” czy „pluskwy” ale zbudowanych do innych celów. Były to aparaty zachowujące się na zasadzie fototropizmu, przy czym każdy z nich był wyposażony w źródło światła tak, że mógł mieć wpływ na zachowanie się pozostałych. Jeżeli pewna ilość tych aparatów jednocześnie znajdzie się w tym samym pomieszczeniu, to wówczas grupują się one i reagują na swoją obecność w określony sposób, który przez wszystkich badaczy psychologii zwierząt, gdyby w grę wchodziły istoty z ciała i kości, nie zaś z miedzi i stali, byłby interpretowany jako zachowanie się społeczne. Jest to załączek nowej wiedzy o zachowaniu się mechanizmów, jakkolwiek cały niemal rozwój tej dyscypliny należy do przyszłości.

U nas w Massachusetts Institute of Technology w ciągu ostatnich dwóch lat pewne okoliczności utrudniły pracę nad aparatem dla głuchoniemych, chociaż możliwość ulepszenia go zapewne jeszcze istnieje. W tym samym czasie teoria - choć nie szczegóły samego urządzenia - pozwoliła na ulepszenie aparatu, który by pozwalał niewidomym przedostawać się przez labirynt ulic i budynków. Badania te są w znacznej mierze zasługą dra Clifforda M. Witchera, który - sam niewidomy od urodzenia - jest znakomitym znawcą optyki, elektrotechniki oraz innych dziedzin, których znajomość jest niezbędna przy tej pracy.

Proteza, która wygląda obiecująco, lecz nie została bliżej opracowana ani w teorii, ani w praktyce, to sztuczne płuco, w którym uruchamianie silnika zapewniającego oddech byłoby uzależnione od sygnałów, bądź elektrycznych, bądź mechanicznych, pochodzących od osłabionych, lecz nie zniszczonych mięśni chorego. W tym przypadku normalne sprzężenie zwrotne w rdzeniu i mózgu człowieka zdrowego, a także i u pacjenta dotkniętego paralizem, będzie wykorzystane jako regulator oddechu. Można więc mieć nadzieję, że tak zwane stalowe płuca przestaną być więzieniem, w którym pacjent zapomina, jak się oddycha, a staną się środkiem zapewniającym utrzymanie w stanie

czynnym resztek zdolności do oddychania, a być może nawet przywrócić tę umiejętność w takim stopniu, że pacjent będzie mógł zacząć oddychać samemu i wyzwolić się od aparatu, który umożliwia mu dotąd oddychanie.

Dotychczas omawialiśmy aparaty, które w oczach ogółu albo odznaczają się oderwaniem od spraw ludzkich, znamionem dla badań teoretycznych, albo też są zdecydowanie pomocne dla osób kalekich. Przechodzimy teraz do innej kategorii maszyn, posiadających pewne złowrogię możliwości. Jest rzeczą dość zaskakującą, że do kategorii tej należy maszyna do gry w szachy.

Jakiś czas temu poddałem sugestie co do sposobu, w jaki można by wykorzystać nowoczesną maszynę liczącą do gry w szachy na przynajmniej znośnym poziomie. Koncepcja ta jest kontynuacją pomysłów o długiej tradycji. Poje zajmował się oszukańczą maszyną Maelzela do gry w szachy i zdemaskował ją, wykazując, że poruszana była przez ukrytego w środku beznogiego kalekę. Ta maszyna, którą ja mam na myśli, jest prawdziwa - wykorzystuje ona najnowsze postępy w dziedzinie maszyn liczących. Łatwo jest zbudować maszynę, która grałaby w szachy zgodnie z przepisami tej gry, ale na bardzo słabym poziomie. Jest rzeczą beznadziejną starać się zbudować maszynę, która by grała doskonale, gdyż wymaga to obliczenia zbyt wielu kombinacji. Profesor John von Neumann z Institute for Advanced Studies w Princeton wypowiedział się na temat tych trudności. Nie jest natomiast rzeczą ani łatwą, ani beznadziejną zbudować maszynę, która by grała najlepiej, jak tylko można, jeśli się oblicza jedynie niewielką ilość posunięć naprzód, na przykład dwa, i która w tych warunkach doprowadziłaby do osiągnięcia najlepszej pozycji według jakichś prostych lub trudniejszych kryteriów.

Obecne ultra-szybkie maszyny liczące mogą być użyte jako maszyny do gry w szachy, kosztem zaś wielkich nakładów, gdybyśmy się zdecydowali tym zająć, można by wykonać specjalne maszyny do tego celu. Szybkość obecnych maszyn liczących wystarcza do obliczenia wszystkich możliwych kombinacji na dwa posunięcia naprzód w tym czasie, jaki przepisy turniejowe gry w szachy przewidują na wykonanie jednego posunięcia. Ilość kombinacji wzrasta mniej więcej w postępie geometrycznym, tak że różnica pomiędzy obliczeniem wszystkich możliwych kombinacji na dwa posunięcia a obliczeniem ich na trzy posunięcia naprzód jest ogromna. Obliczenie wszystkich możliwych kombinacji w partii, składającej się z około pięćdziesięciu posunięć, jest sprawą beznadziejną ze względu na czas do tego potrzebny. Ale, jak wykazał von Neumann, dla istot żyjących dostatecznie długo byłoby to rzeczą możliwą; wówczas bowiem gra, prowadzona z obu stron w sposób doskonały, prowadziłaby z góry albo zawsze do wygranej dla białych, albo zawsze do wygranej dla czarnych, albo - co wydaje się najbardziej prawdopodobne - zawsze do nierozegranej.

P. Claude Shannon z Bell Telephone Laboratories zaproponował maszynę działającą mniej więcej na tych samych zasadach jak ta, którą ja miałem na myśli, ale znacznie ulepszoną. Przynajmniej oceną pozycji powstającej po obliczanych dwóch posunięciach uwzględniałaby stopień panowania nad szachownicą, wzajemną obronę figur itp., a także ilość figur po obu stronach, pozycję króla pod szachem oraz pozycję matową. Wówczas też, gdyby po dwóch posunięciach obliczanych naprzód pozycja była chwiejna - to znaczy król byłby pod szachem, ważna figura byłaby pod biciem lub w „widłach” - maszyna automatycznie grałaby jedno lub dwa posunięcia więcej, aż do chwili osiągnięcia pozycji niechwiejnej. Nie wiem, o ile by to przedłużyło przewidziany przez przepisy turniejowe czas potrzebny do wykonania posunięcia, lecz jestem przekonany, że obecnych szybkości pracy maszyn liczących nie da się łatwo zmienić.

Godzę się z Shannonem, że taka maszyna grałaby na dobrym poziomie amatorskim, a może nawet i mistrzowskim. Styl jej gry byłby sztywny i mało ciekawy, ale dużo bezpieczniejszy niż gra jakiegokolwiek gracza-człowieka. Shannon wskazał, że działanie maszyny można by wzbogacić o pewne zasady działania probabilistycznego, żeby zapobiec stałemu przegrywaniu w czysto

systematyczny sposób przez to, że maszyna sztywno stosowałaby pewne wzory gry. Ten moment probabilistyczny można by wprowadzić przy ocenie przez maszynę sytuacji powstającej po dwóch posunięciach.

Maszyna ta grałaby debiuty i może końcówki według z góry określonych zasad rozgrywania debiutów i końcówek, jak to robi człowiek grający w szachy. Lepsza maszyna notowałaby sobie na taśmie przebieg każdej rozegranej partii oraz opisany powyżej sposób postępowania uzupełniałaby przeglądaniem wszystkich swoich dawnych partii w celu wyszukania czegoś nadającego się do wykorzystania w danej sytuacji, czyli działałaby na zasadzie uczenia się. Widzieliśmy już, że można zbudować maszyny, które by się uczyły, lecz technika budowy takich maszyn i posługiwania się nimi jest jeszcze bardzo niedoskonała. Jeszcze nie dojrzał czas na zaprojektowanie mechanizmu grającego w szachy na zasadzie uczenia się, chociaż nie jest to chyba sprawa zbyt odległej przyszłości.

Maszyna grająca w szachy, która by się uczyła, wykazywałaby wielką skalę możliwości i poziomu gry, zależnie od graczy, z jakimi by się spotykała. Najlepszym bodaj sposobem stworzenia maszyny grającej po mistrzowsku byłoby kazać jej grać z różnymi dobrymi graczami. Z drugiej strony dobrze pomyślana maszyna mogła by się w większym lub mniejszym stopniu zmarnować wskutek niewłaściwego doboru przeciwników. Podobnie zresztą marnuje się koń, jeśli pozwolimy dosiadać go złym jeźdźcom.

W przypadku maszyny uczącej się dobrze jest umieć rozróżniać, czego maszyna może się nauczyć, czego zaś nie może. Maszynę można zbudować tak, że będzie się odznaczała pewną statystyczną skłonnością do określonego typu zachowania się, co jednak nie wykluczy możliwości zachowania się w inny sposób; pewne cechy jej postępowania mogą być również określone w sposób sztywny. Pierwszy rodzaj determinacji nazwiemy skłonnością, drugi zaś przymusem. Na przykład, jeżeli reguły gry w szachy nie zostały wbudowane w maszynę jako elementy postępowania przymusowego, maszyna ta zaś posiada zdolność uczenia się, może ona niepostrzeżenie zmienić się z maszyny grającej w szachy w maszynę wykonującą zupełnie inne zadania. Z drugiej strony, maszyna, w którą reguły gry w szachy zostały wbudowane jako przymusowe cechy zachowania się, może mieć zdolność uczenia się w zakresie taktyki i strategii.

Czytelnik dziwi się zapewne, dlaczego w ogóle interesujemy się maszynami do gry w szachy. Czy to nie jeszcze jedna forma nieszkodliwej próżności nakazującej konstruktorom popisywać się biegłością wobec świata, który powinien w zdumieniu podziwiać ich osiągnięcia? Jako człowiek uczciwy nie mogę zaprzeczyć, że przynajmniej we mnie tkwi pewna doza narcyzmu. Ale zaraz się okaże, iż nie jest to jedyny działający tu czynnik, ani nawet nie najważniejszy z punktu widzenia czytelnika niefachowca.

P. Shannon przedstawił powody, dla których jego badania mogą mieć większe znaczenie niż być tylko ciekawostką dla szachistów. Wskazuje on, że wśród rozmaitych możliwości maszyna taka może być pierwszym krokiem do oceny sytuacji wojskowych i do określania najlepszych posunięć w określonym momencie. Niech nikt nie myśli, że to czcza gadanina. Wielka praca von Neumanna i Morgensterna o teorii gier wywarła głębokie wrażenie na całym świecie, przy czym w Waszyngtonie było ono niemałe. Gdy p. Shannon mówi o rozwoju taktyki wojskowej, to nie są to rojenia, lecz rozważanie spraw dosyć bliskich, a zarazem groźnych.

W dobrze znanym dzienniku paryskim *Le Monde* z 28 grudnia 1948 roku ukazała się wnikliwa recenzja z mojej książki *Cybernetics*, napisana przez pewnego dominikanina, Ojca Dubarle. Zacytuje jego koncepcję, która jest wyciągnięciem ponurych wniosków z maszyny grającej w szachy, lecz rozwiniętej i odzianej w zbroję.

„Jedną z najbardziej fascynujących perspektyw, otwierających się teraz przed nami, jest racjonalne kierowanie sprawami ludzkimi, zwłaszcza tymi, które dotyczą zbiorowości i zdają się odznaczać pewną regularnością statystyczną, jak na przykład zjawiska tworzenia się opinii publicznej. Czyż nie można sobie wyobrazić maszyny, która by zbierała informacje pewnego typu, na przykład na temat produkcji i rynku, a następnie określała - jako funkcję przeciętnej psychologii ludzkiej i tych wielkości, które w danym przypadku dadzą się zmierzyć - w jakim kierunku sytuacja najprawdopodobniej się rozwinie? Czyż nie można sobie wyobrazić sytuacji, w której aparat państwowy będzie podejmował wszelkiego rodzaju decyzje polityczne - albo przy istnieniu wielu państw na kuli ziemskiej, albo przy chyba dużo prostszym systemie rządzenia się ludzi na naszej planecie? Dzisiaj już nic nie stoi temu na przeszkodzie. Możemy marzyć o czasach, kiedy maszyna do rządzenia uzupełni - na dobre czy na złe - mózg ludzki, obecnie tak zawodny, gdy chodzi o zwykłe problemy polityki. W każdym razie, sprawy ludzkie nie pozwalają na ostre i niewątpliwe ich określenie, jak to się dzieje z danymi rachunkowymi. Można tylko określać ich wartości przybliżone. Maszyna, która by się zajmowała tymi procesami oraz problemami, jakie z nich wynikają, musiałaby podchodzić do nich w sposób probabilistyczny, a nie deterministyczny, jak to czynią na przykład obecne maszyny liczące. Ten fakt komplikuje zadanie, lecz go nie uniemożliwia: za przykład może służyć maszyna przewidująca położenie samolotu, która kieruje ogniem artylerii przeciwlotniczej i decyduje o jego skuteczności. Teoretycznie rzecz biorąc, przewidywanie w czasie nie jest niemożliwe, podobnie jak nie jest możliwe - przynajmniej w pewnych granicach - określanie najkorzystniejszej decyzji. Aby to wykazać, rozważa się możliwość zbudowania maszyn grających w gry, jak np. maszyny do gry w szachy. Procesy ludzkie, będące przedmiotem czynności rządzenia<sup>^</sup> można bowiem upodobnić do gier w tym sensie, w jakim von Neumann matematycznie badał gry. Nawet jeżeli te gry mają niepełny zbiór reguł, to istnieją inne, w których bierze udział ogromna liczba graczy i gdzie dane są niezmiernie skomplikowane. Maszyny do rządzenia uczynią z państwa najlepiej poinformowanego gracza na każdym poziomie gry, przy czym państwo będzie jedynym najwyższym koordynatorem wszystkich decyzji częściowych. Są to ogromne przywileje; wykorzystane w sposób naukowy, pozwolą państwu pokonać w każdych okolicznościach każdego gracza uczestniczącego w grze rządzenia - z wyjątkiem siebie samego - przez postawienie go wobec dylematu: albo natychmiastowa ruina, albo planowa współpraca. Takie będą skutki gry - bez zewnętrznych przejawów gwałtu. Miłośnicy najlepszego ze światów zaiste mają o czym marzyć.

Ale pomimo tego, a może na szczęście, maszyna do rządzenia nie jest jeszcze sprawą najbliższej przyszłości. Bo niezależnie od bardzo wielkich problemów, ciągle jeszcze wynikających z ilości informacji, jakie by trzeba zebrać i opracować, nie możemy na razie nawet marzyć o tym, aby nasze przewidywanie miało cechy trwałości. Dzieje się tak dlatego, że procesy ludzkie podobne są do gier z niepełnym zbiorem reguł, a co ważniejsze - z regułami, które same w sobie są funkcjami czasu. Zmianie się reguł gry zależy zarówno od szczegółów sytuacji wytworzonej przez samą grę, jak i od systemu psychicznych reakcji graczy na wyniki uzyskiwane w kolejnych momentach gry.

Zmiany reakcji graczy mogą być nawet szybsze od zmian sytuacji w grze, czego przykładem są losy przewidywania wyniku wyborów w r. 1948 przez Instytut Gallupa. Wszystko to nie tylko komplikuje rolę czynników wpływających na wynik przewidywania, lecz kto wie, czy nie czyni bezprzedmiotowymi prób mechanicznego manipulowania sprawami ludzkimi. O ile można sądzić, tylko dwa warunki zapewniłyby stabilizację w sensie matematycznym: z jednej strony, dostateczny stopień ignorancji ze strony masy graczy wyzyskiwanych przez jednego zręcznego gracza, który ponadto mógłby obmyślać sposób paraliżowania świadomości mas;



lub, z drugiej strony, dostateczna dobra wola, która pozwalałaby każdemu - przez wzgląd na zachowanie stabilności w grze - uzależniać własne decyzje od jednego lub kilku graczy obdarzonych przywilejem swobody decyzji. To jest twarda lekcja zimnej matematyki, rzucająca pewne światło na problem naszych czasów: wahanie pomiędzy nieokreślonym zamętem ludzkich spraw lub powstanie cudownego Lewiatana, wobec którego *Lewiatan* Hobbesa wygląda jak wesoły żarcik. Stoimy wobec ryzyka powstania Państwa Światowego, w którym rozmyślna elementarna niesprawiedliwość może być nieuniknionym warunkiem statystycznego szczęścia mas, co dla każdego jasno myślącego umysłu byłoby światem gorszym od piekła. To chyba nie jest zły pomysł, żeby zespoły, obecnie stwarzające cybernetykę, do swych techników, obejmujących wszystkie dziedziny nauk ścisłych, dołączyły poważnych antropologów, a może i filozofa interesującego się sprawami świata”.

*Maszyna do rządzenia* Ojca Dubarle nie przeraża tym, że grozi uzyskaniem autonomicznej władzy nad ludzkością. Jest ona zbyt prymitywna, by zdobyć się na jedną tysięczną samodzielności, celowego zachowania się znamionującego istotę ludzką. Istotna groźba polega na tym, że maszyny takie, choć same w sobie bezradne, mogą zostać wykorzystane przez jednego człowieka lub zespół ludzi do uzyskania władzy nad resztą ludzkości, lub że przywódcy polityczni mogą próbować panować nad ludnością swych krajów wprawdzie nie za pomocą maszyn, ale posługując się technikami politycznymi tak obojętnymi na właściwości człowieka, jak gdyby były one obmyślane przez maszynę. Największą słabością maszyny, słabością, która dotychczas chroni nas przed opanowaniem przez maszynę, jest to, że nie może ona wziąć pod uwagę wielorakich możliwości charakteryzujących sytuacje, w jakich ludzie się znajdują. Panowanie maszyny zakłada istnienie społeczeństwa w ostatnich stadiach rosnącej entropii, kiedy prawdopodobieństwo odmiennego zachowania się jest znikome, a statystyczne różnice pomiędzy jednostkami są równe zeru. Na szczęście jeszcze nie doszliśmy do takiego stanu.

Ale nawet bez maszyny do rządzenia Ojca Dubarle wyrabiamy sobie nowe koncepcje wojny, konfliktu ekonomicznego i propagandy, a to na podstawie teorii gier von Neumanna, która - jak to wykazało rozwinięcie jego założeń po roku 1950 - ma charakter teorii porozumiewania się. Jak wspominałem w jednym z poprzednich rozdziałów, ta teoria gier jest przyczynkiem do teorii języka, lecz istnieją instytucje rządowe, które dążą do zastosowania jej do napastniczych i obronnych celów wojskowych i quasi-wojskowych.

Teoria gier w swej istocie opiera się na założeniu, że każdy gracz lub każda koalicja graczy dąży do wyrobienia sobie strategii prowadzącej do danego celu, przy czym przyjmuje się, że każdy gracz, jak i każdy jego przeciwnik, stosuje najlepszą politykę ze wszystkich prowadzących do zwycięstwa. Tę olbrzymią grę już się prowadzi w sposób mechanistyczny, i to na kolosalną skalę. Chociaż filozofia, na której ta gra jest oparta, jest chyba nie do przyjęcia dla komunistów, naszych obecnych przeciwników, to poważne oznaki wskazują na to, że jej możliwości są już studiowane w Rosji, podobnie jak u nas, i że Rosjanie, nie zadowolając się przyjęciem naszego sformułowania tej teorii, wprowadzili do niej pod pewnymi ważnymi względami subtelne ulepszenia. W szczególności większość pracy - chociaż nie wszystką - włożonej w teorię gier oparliśmy na założeniu, że zarówno my, jak i nasi przeciwnicy rozporządzamy nieograniczonymi możliwościami i że w grze jedynym ograniczeniem jest to, co można by nazwać sytuacją po rozdaniu kart lub widocznymi stanowiskami na szachownicy. Sporo danych, faktów raczej niż słów, wskazuje na to, że Rosjanie uzupełnili tę postawę wobec gry światowej przez wzięcie pod uwagę psychologicznych ograniczeń graczy, a zwłaszcza tego, że ulegają oni zmęczeniu, i włączenie tych czynników do gry jako jej elementów. Tak więc po obu stronach działa teraz pewien rodzaj maszyny do rządzenia, mimo iż w obu wypadkach nie polega ona na istnieniu pojedynczej maszyny do ustalania polityki, lecz na

mechanistycznej technice dostosowanej do wymagań maszyno-podobnej grupy ludzi zajmujących się kształtowaniem polityki.

Ojciec Dubarle zwrócił uwagę uczonych na rosnącą wojskową i polityczną mechanizację świata jako wielkiego ponadludzkiego aparatu działającego na zasadach cybernetycznych. W celu uniknięcia wielorakich niebezpieczeństw, zarówno zewnętrznych, jak i wewnętrznych, tkwiących w tej sytuacji, słusznie podkreśla on potrzebę udziału antropologów i filozofów. Innymi słowy, my jako uczeni - specjaliści od nauk ścisłych i techniki - musimy wiedzieć, jaka jest natura ludzka i jakie są wrodzone dążności człowieka, nawet jeżeli musimy posługiwać się tą wiedzą jako żołnierze i politycy. A ponadto musimy wiedzieć, dlaczego chcemy panować nad człowiekiem.

Gdy mówię, że niebezpieczeństwo grożące społeczeństwu ze strony maszyny pochodzi nie od samej maszyny, lecz od użytku, jaki człowiek z niej zrobi, po prostu przypominam ostrzeżenie Samuela Butlera, który w swym *Erewhon* wyobraża sobie maszynę samą przez się niezdolną do działania, lecz podbijającą ludzkość przy pomocy ludzi, jako swych organów podrzędnych. Nie musimy jednak przewidywać Butlera brać zbyt dosłownie, gdyż w jego epoce ani on, ani nikt z jego otoczenia nie mógł rozumieć prawdziwej natury zachowania się automatów, i to, co on mówi, to są raczej cięte przenośnie niż naukowe spostrzeżenia.

Nasze gazety od czasu, kiedy mieliśmy nieszczęście wyprodukować bombę atomową, rozpisują się na temat amerykańskiej umiejętności działania (*know-how*). Lecz istnieje cecha ważniejsza od umiejętności działania, przy czym nie możemy oskarżać Stanów Zjednoczonych o posiadanie tej cechy w nadmiarze. Jest to umiejętność wyboru (*know-what*), dzięki której określamy nie tylko, jak osiągnąć nasz cel, ale także, co ma być naszym celem. Przykład pozwoli lepiej zorientować się w różnicy. Kilka lat temu wybitny amerykański inżynier kupił kosztowne pianino automatyczne. Po tygodniu lub dwóch stało się jasne, że kupno to nie odzwierciedlało żadnego specjalnego zainteresowania muzyką, jaką to pianino wykonywało, lecz przemożne zaciekawienie mechanizmem pianina. Dla niego pianino automatyczne nie było instrumentem grającym, lecz sposobem, dzięki któremu wynalazca mógł zademonstrować swoją biegłość w pokonaniu pewnych trudności technicznych. Jest to postawa godna uznania, gdy chodzi o ucznia szkoły średniej. W jakim stopniu jest ona godna uznania, gdy chodzi o tych, od których zależy cała kulturalna przyszłość naszego kraju - pozostawiam osądowi czytelnika.

Z mitów i baśni czytanych w dzieciństwie dowiadujemy się kilku prostych i oczywistych prawd życiowych, takich jak ta, że jeśli znajdzie się dzina zamkniętego w naczyniu, to najlepiej jest go tam pozostawić; że rybak marzący zbyt często o dobrodziejstwie zesłanym przez niebiosa, z powodu swojej żony znajdzie się w końcu w tej samej sytuacji, w jakiej był pierwotnie; że jeśli masz sposobność wypowiedzenia trzech życzeń, musisz bardzo uważać, czego sobie życzyć. Te proste i oczywiste prawdy stanowią dziecinne odpowiedniki tragicznej wizji życia, jaką mieli Grecy i jaką ma wielu współczesnych Europejczyków, a której jakosś brakuje w naszym kraju obfitości.

Do aktu odkrycia ognia Grecy odnosili się z bardzo mieszanymi uczuciami. Z jednej strony, ogień był dla nich - jak jest i dla nas - wielkim dobrodziejstwem dla całej ludzkości. Z drugiej strony, przyniesienie ognia z nieba na ziemię było aktem wyzwania wobec bogów z Olimpu i musiało zostać ukarane, jako bezczelne naruszenie ich prerogatyw. Tak właśnie widzimy wielką postać Prometeusza przynoszącego ogień, prototyp uczonego. Jest to bohater, lecz bohater potępiony, przykuty łańcuchem do skały Kaukazu, gdzie sępy szarpią mu wątrobę. Czytamy dźwięczne wiersze Ajschylosa, w których skowany bóg wzywa cały świat na świadka cierpień zadawanych mu przez innych bogów.

Sensem tej tragedii jest, że świat to nie miłe gniazdko uwite dla naszej ochrony, lecz rozległe środowisko, w znacznym stopniu nam wrogie, w którym możemy osiągać rzeczy wielkie, rzucając

jedynie wyzwanie bogom, przy czym to wyzwanie zawsze sprowadza karę. To jest groźny świat, gdzie jedynym stanem bezpieczeństwa jest raczej negatywny stan pokory i ograniczonych ambicji. Jest to świat, w którym zasłużona kara spada nie tylko na tego, kto grzeszy świadomym zuchwalstwem, lecz i na tego, którego jedyną zbrodnią jest nieznamość bogów i świata, jaki go otacza.

Człowiek obdarzony zmysłem takiego tragizmu, gdy styka się nie z ogniem, lecz innym przejawem pierwotnej siły, jak rozbicie atomu, czyni to z lękiem i drżeniem. Nie będzie on wbiegał tam, gdzie aniołowie lękają się stąpnąć - chyba że gotów jest ponieść karę upadłych aniołów. Nie będzie też spokojnie przekazywał maszynie, wykonanej na jego własny obraz, odpowiedzialności za wybór zła i dobra bez przyjmowania pełnej odpowiedzialności za ten wybór.

Powiedziałem, że człowiek współczesny, a zwłaszcza współczesny Amerykanin, bez względu na umiejętność działania (*know-how*), jaką może posiadać, ma bardzo niewielką umiejętność wyboru (*know-what*). Przyjmie on chętnie trafność decyzji podjętych przez maszynę bez zbytniego wnikania w motywy i zasady, według których decyzje te zostały podjęte. Postępując w ten sposób postawi się prędzej czy później w położeniu ojca w *The Monkey's Paw* W. W. Jacobsa, ojca, który zapragnął stu funtów po to, żeby pod drzwiami swojego mieszkania zastać agenta firmy zatrudniającej jego syna, agenta, który przyszedł wręczyć mu sto funtów jako odszkodowanie i pocieszenie za śmierć syna w fabryce. Albo też może postąpić jak ów arabski rybak w *Tysiącu i jednej nocy*, który złamał pieczęć Salomona zamykającą naczynie, gdzie zamknięty był złośliwy dżin.

Pamiętajmy, że maszyny grające w gry są zarówno typu *Monkey's Paw*, jak i typu dżina zamkniętego w naczyniu. Każda maszyna zbudowana po to, by podejmowała decyzje, gdy nie posiada zdolności uczenia się, będzie postępować dokładnie tak, jak została zaprojektowana. Biada nam, jeśli jej pozwolimy rozstrzygać o naszym zachowaniu się, o ile przedtem nie zbadamy dokładnie praw jej działania i nie upewnimy się, że działanie to będzie zgodne z zasadami, jakie są dla nas do przyjęcia! Z drugiej strony, maszyna podobna do dżina, która potrafi się uczyć i podejmować decyzje na podstawie tego, czego się nauczy, nie będzie zgoła zobowiązana do podejmowania takich decyzji, jakie my byśmy podjęli lub jakie byłyby dla nas do przyjęcia. Człowiek, który sobie z tego nie zdaje sprawy i rzuci odpowiedzialność na maszynę, czy to zdolną do uczenia się, czy nie, puści z wiatrem odpowiedzialność za swoje czyny po to, by ujrzeć, jak wraca ona ku niemu niesiona przez burzę.

Mówię o maszynach, lecz nie tylko o maszynach mających mózgi z miedzi, a ścięgni 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 urobieni, 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. *Monkey's Paw* z ciała i kości jest równie zabójcza, jak i odlana z żelaza i stali. Dżin zaś może uosabiać korporację, równie straszną, jak on, gdyby przybył wyzwolony zaklęciem czarownika.

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

## Rozdział XI

### Język, zamęt i zagłuszenie

W rozdziale IV powoływałem się na bardzo ciekawe prace wykonane niedawno przez dra Benoita Mandelbrota w Paryżu i profesora Jacobsona w Harvardzie na temat rozmaitych zjawisk językowych, między innymi optymalnego rozkładu długości słów. W tym rozdziale nie zamierzam wnikać w szczegóły tych prac, lecz raczej rozwinąć konsekwencje niektórych założeń filozoficznych przyjmowanych przez autorów.

Uważają oni porozumiewanie się za grę prowadzoną wspólnie przez mówiącego i słuchającego przeciwko siłom zamętu, które stanowią zwykle trudności w porozumiewaniu się, ewentualnie jacyś osobnicy usiłujący zagłuszyć łączność między nimi. Mówiąc dosłownie, teoria gier von Neumanna, która tutaj ma zastosowanie, odnosi się do dwóch zespołów, z których jeden świadomie pragnie, by wiadomość doszła do swego przeznaczenia, drugi zaś ucieka się do wszelkiej strategii zmierzającej do zagłuszenia tej wiadomości. W sensie teorii von Neumanna znaczy to, że mówiący i słuchający prowadzą wspólną politykę opartą na założeniu, że czynnik zagłuszający przyjmuje politykę dla siebie najkorzystniejszą, zakładając przy tym z kolei, że mówiący i słuchający również prowadzą politykę najkorzystniejszą dla siebie i tak dalej.

Mówiąc prostszym językiem, obie strony - i ci, którzy się ze sobą porozumiewają, i ci, którzy chcą to porozumiewanie się zagłuszyć - swobodnie stosują technikę bluffowania w celu zbitcia z tropu strony przeciwnej, przy czym ogólnie biorąc technika ta używana jest po to, aby strona przeciwna nie mogła działać na podstawie pełnej znajomości techniki swoich oponentów. A zatem obie strony bluffują - ci, co zagłuszają, po to, żeby dostosować się do nowej techniki, wprowadzonej przez drugą stronę, a ci, co się porozumiewają, po to, żeby nie dać się pokonać jakiegokolwiek technice wprowadzonej już przez stronę przeciwną. W związku z tym, w odniesieniu do metody naukowej wielkie znaczenie ma cytowany już aforyzm Einsteina: „Bóg jest wyrafinowany, ale nie przewrotny”.

To nie tylko nie jest banał, ale bardzo głębokie stwierdzenie dotyczące problemów pracy uczonego. Odkrywanie tajemnic natury wymaga potężnej i skomplikowanej techniki pracy, ale przynajmniej możemy się spodziewać jednego: jeśli chodzi o przyrodę nieożywioną, każdy nasz krok naprzód nie będzie zniweczony przez jakąś zmianę polityki ze strony przyrody, dokonaną tylko po to, żeby pomieszać nam szyki. Gdy chodzi o przyrodę żywą, twierdzenie to może być trochę ograniczone, gdyż przejawy hysterii nierzadko występują wobec widzów i mają za cel, często nieświadome, wprowadzenie ich w błąd. Ponadto jeżeli pokonałiśmy jakąś chorobę zakaźną, bakterie mogą mutować i wykazać nowe cechy, które robią wrażenie, jakby rozmyślnym zamiarem bakterii było sprowadzenie nas z powrotem do punktu wyjścia.

Te wybryki natury, choć mogą nieraz sprawić poważny kłopot biologowi, nie należą na szczęście do trudności, z jakimi styka się fizyk. Natura gra *fair* i jeśli po przebyciu jednego łańcucha górskiego fizyk ujrzy przed sobą następny, to wie, że nie został on wzniesiony tylko po to, żeby obrócić wniwecz wysiłek, jakiego już dokonał.

Mogłoby się na pozór wydawać, że nawet w braku wszelkiej świadomej lub celowej ingerencji natury, polityka badacza powinna by zabezpieczać się przed wszelkimi ewentualnościami i zawsze postępować tak, żeby nawet złośliwa i oszukańcza przyroda nie zdołała przeszkodzić optymalnemu uzyskaniu i przekazaniu informacji. Lecz taki punkt widzenia jest nieuzasadniony. Porozumiewanie się w ogóle, a badanie naukowe w szczególności wymaga wielkiego wysiłku, nawet gdy chodzi tylko o wysiłek naprawdę użyteczny, a walczenie z nie istniejącymi zmorami jest marnowaniem sił, które

należy oszczędzać. W dziedzinie porozumiewania się i w pracy naukowej nie możemy bić się ze zjawami. Doświadczenie przekonało już fizyków, że wszelkie wyobrażenia dotyczące przyrody, którą nie tylko jest trudno zinterpretować, lecz która czynnie opiera się tej interpretacji, są nieuzasadnione, i dlatego badacz, aby osiągać wyniki, musi być naiwny, a nawet rozmyślnie naiwny, i zakładać, że ma do czynienia z uczciwym Bogiem, oraz samemu zadawać pytania na temat świata jak uczciwy człowiek.

Tak więc naiwność uczonego, choć wynika z jego zawodu, nie jest zawodową deformacją. Człowiek, który uprawia naukę, przybierając postawę oficera policji śledczej, spędzi większość czasu na przeciwdziałaniu chwytom, jakich by przeciw niemu nigdy nie zastosowano, na tropieniu podejrzanych, którzy chętnie udzieliliby odpowiedzi na pytanie zadane wprost, i w ogóle na grze policjantów i złodziei, tak obecnie modnej w dziedzinie politycznej i wojskowej. Nie mam najmniejszej wątpliwości co do tego, że obecna „umysłowość detektywów”, znamieną dla administracyjnych szefów nauki, jest jedną z głównych przyczyn jałowości tylu współczesnych badań naukowych.

Z tego w zasadzie niemal prostego wniosku wynika, że nie ma zawodów, oprócz zawodu detektywa, które by mogły dyskwalifikować z punktu widzenia wydajnej pracy naukowej, każąc podejrzewać naturę o nieuczciwość i narzucając samemu badaczowi nieuczciwą postawę wobec natury i jej problemów. Żołnierza szkoli się tak, aby uważał życie za konflikt między człowiekiem i człowiekiem, lecz nawet on nie jest tak silnie związany z tym poglądem, jak członek wojującej organizacji, bez względu na to, czy jest żołnierzem Krzyża czy Młota i Sierpa. Tutaj sam fakt istnienia punktu widzenia, propagandystycznego w założeniu, jest ważniejszy od tego, o jaką propagandę chodzi. Niewielką rolę odgrywa fakt, czy organizacja wojskowa, której ktoś przysiągł swą wierność, uznaje za wodza Ignacego Loyolę, czy przywódcę jakiejś partii politycznej, jeżeli ten ktoś uważa za ważniejsze, by jego przekonania były po właściwej stronie, od tego, by mógł zachować swą wolność, a nawet zawodową naiwność. Kto zaprzysiągł swą wierność komuś lub czemuś, o ile ta wierność jest bezwzględna, nie nadaje się do najwyższych zadań w pracy naukowej. Dzisiaj, kiedy niemal każda władza wymaga od uczonego zdyscyplinowania raczej niż otwartej głowy, łatwo pojąć, jak wiele nauka już ucierpiła i na jakie jeszcze poniżenia i frustracje narażona jest w przyszłości.

Wykazałem już, że diabeł, z jakim walczy uczonego, to diabeł zamętu, a nie diabeł przewrotnej złośliwości. Pogląd, że natura przejawia dążenie do entropii, jest augustyniański, nie zaś manichejski. Niezdolność przyrody do prowadzenia agresywnej polityki zmierzającej rozmyślnie do pokonania uczonego znaczy, że jego niepowodzenia są wynikiem słabości, a nie jakiejś złej mocy. Zasady porządku we wszechświecie, może lokalne tylko i przejściowe, nie odbiegają chyba zbyt od pojęcia Boga, jakie ma człowiek religijny. W augustynianizmie to, co jest czarne na świecie, jest interpretowane po prostu jako brak bieli, podczas gdy według koncepcji manichejskiej biel i czerń stanowią dwie wrogie armie stojące frontem do siebie. Wszystkie krucjaty, wszystkie dżihady, wszystkie wojny komunizmu przeciw szatanowi kapitalizmu mają subtelny, emocjonalny podkład manichejski.

Stanowisko augustyniańskie jest zawsze trudne do utrzymania. Przy najłżejszych zakłóceniach załamuje się i przeradza w ukryty manicheizm. Emocjonalny problem postawy augustyniańskiej przejawia się w miltonowskim dylemacie w *Raju utraconym*: jeżeli szatan jest jedynie stworzeniem boskim i należy do świata, w którym Bóg jest wszechmocny, a służy tylko do zwrócenia uwagi na jakieś skryte w mrokach zakamarki tego świata, wielka bitwa pomiędzy upadłymi aniołami a zastępami Pana budzi mniej więcej tyleż zainteresowania, co walka zawodowych zapaśników. Jeśli poemat Milтона ma mieć walor większy od tych pokazów, w których zawodnicy jękami i stękanem markują wysiłek, to szatan musi mieć szansę odniesienia zwycięstwa, przynajmniej we własnym

przekonaniu. Słowa szatana w *Raju utraconym* dowodzą, że zdaje on sobie sprawę z wszechmocy Boga i z beznadziejności walki z nim, lecz jego czyny wskazują, że przynajmniej z emocjonalnego punktu widzenia uważa tę walkę za rozpaczliwą, lecz nie całkowicie bezcelową próbę podkreślenia praw swoich zastępów i swoich własnych. Ale nawet augustyniański szatan musi się mieć na bacności, gdyż inaczej nawróci się na manicheizm.

Wszelka organizacja religijna oparta na wzorze wojskowym jest wystawiona na tę samą pokusę wpadnięcia w herezję manichejską. Zwalczane przez siebie siły wyobraża sobie jako niezależną armię, którą postanowiła pokonać, lecz która mogłaby, przynajmniej w teorii, sama odnieść zwycięstwo i stać się siłą panującą. Z tego też względu taka organizacja z natury rzeczy nie nadaje się do utwierdzania augustyniańskiej postawy wśród uczonych. A ponadto w skali cnót nie stawia ona wysoko prostej uczciwości intelektualnej. Przeciwno podstępemu wrogowi, który nie cofa się przed zasadzkami, podstępny z własnej strony są oczywiście dozwolone. Dlatego też religijna organizacja wojskowa musi przywiązywać tak wielką wagę do posłuszeństwa, wyznań wiary i wszystkich tych ograniczeń, które obezwładniają uczzonego.

Prawdą jest, że nikt nie może przemawiać w imieniu Kościoła z wyjątkiem samego Kościoła, lecz prawdą jest również, że ludzie stojący poza Kościołem mogą, a nawet muszą, zachowywać swoją własną postawę wobec jego organizacji oraz jego roszczeń. I prawdą jest również, że komunizm jako siła intelektualna jest tym, czym komuniści mówią, że jest, ale ich twierdzenia mogą nas wiązać tylko jeśli chodzi o definicję pewnego ideału, nie zaś jako opis określonej organizacji lub określonego ruchu, opis, na którym moglibyśmy polegać.

Wydaje się, że pogląd Marksa<sup>9</sup> był augustyniański i że zło było dla niego brakiem doskonałości, nie zaś autonomiczną siłą walczącą przeciwko dobru. Komunizm jednak wyrósł w atmosferze konfliktu i walki, toteż, jak się wydaje, ogólną tendencją jest, aby ostateczną syntezę heglowską, dla której właściwa jest augustyniańska postawa wobec zła, odnosić do przyszłości, jeżeli nie nieskończenie odległej, to w każdym razie mającej nader luźny związek z tym, co się dzieje obecnie.

Dałem do zrozumienia, że manicheizm stwarza niekorzystną atmosferę dla nauki. Może się to wydawać zaskakujące, ale dzieje się tak dlatego, że stwarza on złą atmosferę dla wiary. Gdy nie wiemy, czy zjawisko, które w danym momencie obserwujemy, jest dziełem Boga czy Szatana, to podcięte zostają same korzenie naszej wiary. Tylko w takich warunkach można dokonać świadomego wyboru pomiędzy Bogiem a Szatanem, a wybór ten może prowadzić do satanizmu, czyli innymi słowy - do czarów. A dalej, tylko w takiej atmosferze, w której czary są naprawdę możliwe, może się na większą skalę rozwinąć polowanie na czarownice.

Powiedziałem, że nauka jest niemożliwa bez wiary. Nie mam przez to na myśli, że wiara, od której zależy nauka, ma charakter religijny lub wymaga przyjęcia jakiegokolwiek dogmatu w zwykłym religijnym sensie tego słowa - lecz nie może być nauki bez wiary, że natura podlega prawom. Według tego, co wiemy, nic nie stoi na przeszkodzie, aby świat za chwilę upodobnił się do partii krokiet z *Alicji w krainie czarów*, gdzie piłkami były jeże, spacerujące sobie dowoli, bramkami żołnierze, odmaszerowujący w inne strony pola gry, a przepisy były co chwila zmieniane dekretami Królowej. Do takiego właśnie świata uczonego musi się dostosowywać w krajach totalitarnych.

To, co powiedziałem o potrzebie wiary w nauce, odnosi się zarówno do świata czysto przyczynowego, jak i do świata, w którym rządzi prawdopodobieństwo. Żadna ilość czysto obiektywnej i niezależnej obserwacji nie zdoła udowodnić, że prawdopodobieństwo jest poprawnym pojęciem. Innymi słowy:

---

<sup>9</sup> Łatwo zauważyć, że Wiener w niekonsekwentny i błędny sposób interpretuje twórczość Marksa i stosunek marksizmu do nauki. (Przyp. red.)

praw indukcji w logice nie można stwierdzić indukcyjnie. Logika indukcji, logika Bacona, jest raczej czymś, na czym się możemy oprzeć w naszym działaniu, niż czymś, co możemy udowodnić, a postępowanie według jej zasad jest najwyższym wyznaniem wiary. W związku z tym muszę powiedzieć, że aforyzm Einsteina o prostoliniowości Boga sam w sobie jest wyznaniem wiary. Nauka jest dziedziną, która może rozkwitać wówczas, gdy ludziom wolno mieć wiarę. Wiara narzucona nam z zewnątrz nie jest wiarą, a społeczeństwo uzależniające się od takiej pseudowiary jest ostatecznie skazane na upadek w wyniku paraliżu spowodowanego brakiem zdrowego rozwoju nauki.

## Postowie

### O filozoficznych i społecznych poglądach Norberta Wienera

Po drugiej wojnie światowej powstała nowa dziedzina nauki i techniki - cybernetyka. Nazwa ta została zapożyczona od francuskiego fizyka Ampère'a. Jeszcze w 1834 roku, w swej próbie wszechobejmującej klasyfikacji nauk, nazwał on tak naukę o kierowaniu ludzkim społeczeństwem (słowo *kubernetes* w starogreckim znaczy sternik).

Cybernetyka jest nauką o urządzeniach samosterujących, o przekazywaniu i przetwarzaniu w nich informacji. Korzysta ona z wyników logiki matematycznej, teorii prawdopodobieństwa, elektroniki oraz ilościowych analogii w pracy maszyny, działalności żywego organizmu, a także przebiegu pewnych zjawisk społecznych. Analogie te polegają na tym, że zarówno w maszynach (na przykład liczących), jak i w organizmie oraz w społeczeństwie mamy związane między sobą za pomocą przekazywanych sygnałów części składowe, spotykamy sprzężenie zwrotne itd. Podstawowym pojęciem jest tutaj „informacja” - ciąg sygnałów przekazywanych z nadajnika do odbiornika, nagromadzanych w urządzeniu pamięciowym, opracowanych i podawanych w postaci gotowych wyników. W ten sposób opracowuje również nasz mózg sygnały z narządów zmysłowych, otrzymywane za pośrednictwem nerwów dośrodkowych.

Rzecz prosta, wszystkie te analogie są niepełne, przybliżone. Jednak ilościowa ich strona pozwala zbudować jednolitą teorię informacji i komunikacji, która znajduje zastosowanie w istotnie różniących się dziedzinach - w automatyce, językoznawstwie, w fizjologii, psychologii, w kierowaniu przedsiębiorstwami, planowaniu itp. Typowymi urządzeniami cybernetycznymi są szybko działające elektroniczne maszyny matematyczne. Większość dawnych maszyn zastępuje pracę mięśni ludzkich. W odróżnieniu od nich nowe maszyny wypełniają ważne funkcje pracy umysłowej. Według słów Marksa, który przewidział ich pojawienie się, są one „organami ludzkiego mózgu, uprzedmiotowioną siłą wiedzy”<sup>10</sup>.

Cybernetyka powstała w następstwie ogólnego rozwoju nauki i techniki. Poważny wkład wnieśli tu rosyjscy i radzieccy inżynierowie i uczeni, wśród nich światowej sławy uczeni, jak I. P. Pawłow i matematyk A. N. Kołmogorow. Jednak dopiero w toku drugiej wojny światowej cybernetyka uformowała się jako samodzielna dyscyplina naukowa, w wyniku prac wybitnego amerykańskiego matematyka Norberta Wienera i jego przyjaciela, meksykańskiego fizjologa Artura Rosenbluetha.

Wiener ma w swym dorobku prace z teorii prawdopodobieństwa i statystyki, szeregów i całek Fouriera, przestrzeni liniowych Banacha, teorii potencjałów, teorii liczb, twierdzeń Taubera, funkcji quasi-analitycznych, całki Lebesgue'a i in. Zajmował się również zagadnieniami stosowanymi -

---

<sup>10</sup> K. Marks, *Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie*, Moskwa 1939, s. 594.

celnością artylerii przeciwlotniczej, łącznością telefoniczną i radiem, radarem, maszynami liczącymi i analitycznymi, fabrykami-automatami, elektroencefalografią itd. Rozgłos wśród szerokiej publiczności przyniosły Wienerowi, dziś profesorowi matematyki w Massachusetts Institute of Technology, książki: *Cybernetics* (1948), *Ex-Prodigy* (1953), *I am a Mathematician* (1956) i niniejsza praca. O ile pierwsza książka zawiera przystępny wykład podstaw nowej dyscypliny naukowej, a dwie dalsze są autobiograficzne, niniejsza książka została zamierzona jako szeroka popularyzacja.

Aby ją lepiej zrozumieć, trzeba zaznajomić się z osobą autora.

Norbert Wiener jest synem profesora sławistyki uniwersytetu w Harvard. Burzliwe wydarzenia współczesności - wojny światowe, nazizm, okrucieństwa Ku-Klux-Klanu, walki w Hiszpanii i w Chinach, polityka McCarthy'ego i histeria atomowa - zdecydowanie wpłynęły na jego drogę życiową.

Wienera, należącego do amerykańskiej inteligencji burżuazyjnej, cechuje dwoistość, połowiczność, eklektyzm, tak charakterystyczne dla tej grupy społecznej. Zniewolony do sprzedawania swych odkryć, musi, jako człowiek nauki, buntować się przeciwko porządkom zagrażającym myśli i rozwojowi wiedzy. Wiener nie może solidaryzować się ze stosunkami społecznymi, które umożliwiają ocenę człowieka według koloru skóry, kształtu nosa, języka, jakim mówi, ograniczając swobodę twórczości naukowej, stwarzając groźbę niszycielskiej wojny i zagłady kultury.

Równocześnie jednak styl życia, interesy materialne, tradycje, wychowanie - wszystko to wiąże go silnie z burżuazją. Prywatna własność środków produkcji, wyzyskiwanie pracy milionów, istnienie kilkudziesięciu rodzin miliarderów, skupiających w swych rękach lwią część narodowego dochodu USA - wszystko to wydaje mu się naturalnym zjawiskiem. Wierzy w burżuazyjną demokrację, nie zauważa i nie chce zauważyć, że jest ona rajem dla bogatych, zaś pułapką i oszustwem dla ludzi pracy; wierzy oszczerstwom rzucanym na komunizm, na Związek Radziecki i jego pokojową politykę zagraniczną, ba, zdarza się czasem i jemu przyłączyć do nich swój głos. Tak dzieje się niezależnie od tego, że w swoim czasie przychylnie ustosunkowywał się do walk hiszpańskich patriotów przeciw faszyzmowi, chińskich komunistów przeciw japońskim interwentom i kuomintangowcom i że nie uczestniczył w pracach związanych z uzbrojeniem atomowym.

Ta niestałość i niekonsekwencja poglądów, tak charakterystyczna dla drobnomieszczańskiej psychologii, rozciąga się u Wienera nie tylko na pojmowanie zjawisk społecznych. Wpłynęła ona także na jego rozumienie metodologicznych problemów nauk przyrodniczych i matematyki. Wiele wypowiedzi Wienera jest dla nas nie do przyjęcia - jedne dlatego, że po prostu są nieprawdziwe, inne, bo są niedomówieniami. Pragnęlibyśmy, by czytelnik odczuwał ten sam głęboki żal, który nas przenika, gdy czytamy tę książkę. Widząc, jak ustrój kapitalistyczny deformuje tak światłe umysły, umysły, które tyle wniosły do nauki, czy można nie zniechęcić go jeszcze bardziej?

Burzliwy rozwój nauki, szczególnie fizyki, towarzyszy przejściu kapitalizmu od „pokojowego” do imperialistycznego stadium. Ale równocześnie przejście to wywołało jej kryzys, przy czym konieczność porzucenia mechanistycznego determinizmu fizyki klasycznej odegrała w tym kryzysie niemałą rolę.

Klasyczna fizyka zakłada, że zjawisko  $A_1$  jest wyznaczone, a przynajmniej może być wyznaczone, z dowolnie wielkim stopniem dokładności przez swoje charakterystyki w momencie  $t_1$ . Dlatego, znając odpowiednie prawo fizyczne, możemy dokładnie obliczyć, jaką postać  $A_2$  zjawisko to przyjmie w dowolnym późniejszym momencie  $t_2$ . Jednakże z punktu widzenia idei statystycznych, których ukoronowaniem jest fizyka kwantowa, rozpatruje się wszelkie zjawisko  $A_1$ , jako wyznaczone w momencie  $t_1$ , jedynie z określonym prawdopodobieństwem  $P_1$ , przez charakterystyki obarczone określonymi błędami. Znając odpowiednie prawo fizyczne możemy tylko obliczyć, że zjawisko  $A_1$



w późniejszym momencie  $t_2$  przyjmie postać  $A_2$  z określonym prawdopodobieństwem  $P_2$ . Oczywiście nasza wiedza wzrosła, wzbogaciła się o znajomość związku między prawdopodobieństwami  $P_1$  i  $P_2$ . Stąd też o żadnym indeterminizmie mowy być nie może, gdyż w tym wypadku jeden rodzaj determinizmu został jedynie zastąpiony przez inny, o pełniejszej treści, uwzględniający dialektyczną jedność konieczności i przypadkowości.

Rozpatrywane pojęcie prawdopodobieństwa nie jest subiektywną miarą naszego oczekiwania, lecz obiektywną kategorią, miarą przejścia możliwości w rzeczywistość. Nie rozumieją tego szerokie kręgi matematyków, przyrodników, i tym bardziej burżuazyjnych filozofów. Dotyczy to także Wienera. W przeciwnym razie - w jaki sposób wyjaśnić fakt, że łączy on ze sobą poglądy Gibbsa, Lebesgue'a, Freuda i św. Augustyna na tej podstawie, iż ostatni dopatrywał się w budowie Wszechświata „...elementu przypadku [...], organicznej niedoskonałości [...], którą [...] bez zbyt daleko posuniętej przenośni można uważać za zło...” (str. 10). Wyraźniej nie można pokazać, jak metafizyczne przeciwstawienie konieczności przypadkowi prowadzi ostatecznie do mistycznych spekulacji.

Podobnie przedstawia się sprawa z uwagami Wienera o wzrastaniu entropii Wszechświata i jego zwątpienie w rzeczywiste istnienie świata jako całości. Jest bowiem ściśle dowiedzione, że pojęcie „wzrostu entropii” lub tak zwanej „śmierci cieplnej” ma zastosowanie jedynie do tej czy innej części Wszechświata, ale nie do Wszechświata w całości. Dlatego też błędne jest twierdzenie Wienera, że „Wszechświat w całości wykazuje naturalną skłonność do zagłady” (str. 11), że jakoby „jest rzeczą prawdopodobną, iż cały otaczający nas Wszechświat umrze śmiercią cieplną” (str. 31).

Samo pojęcie „Wszechświat w całości” obejmuje najwidoczniej wszystko to, co istnieje. Stąd też stanowi ono tylko szczególny aspekt pojęcia materii. Nie zawsze jest dopuszczalne rozciąganie na takie pojęcia dowolnych prawidłości, wyprowadzonych z obserwacji odrębnych obiektów cząstkowych, bowiem tego rodzaju postępowanie prowadzi czasami do absurdalnych wniosków. Nedorzecznością jest na przykład mówić, mając na myśli Wszechświat w całości, o wyróżnionych kierunkach w przestrzeni, o kierunku rozwoju i in. Zawsze bowiem tylko ograniczona część Wszechświata podlega ludzkiej obserwacji (w naszych czasach o promieniu 2 miliardów lat świetlnych). Ekstrapolowanie wykraczające daleko poza te granice z reguły nie może być uzasadnione. Teoria względności poucza, że nie mogą być przez nas poznane zjawiska tak oddalone od Ziemi, że światło płynące od nich nie może jej osiągnąć w okresie naszego życia. Ale nie wynika stąd, iżby istniały światy nie oddziałujące na siebie wzajem. Ponadto, całościowy charakter Wszechświata nie musi koniecznie sprowadzać się do wzajemnego oddziaływania jego części. Jedność Wszechświata polega na jego materialności, na tym, że przy nieskończonym bogactwie różnorodności wszystkie jego części wечно się zmieniają, przekształcają, podporządkowują takim ogólnym prawom, jak prawo zachowania i przekształcania energii, i jemu podobnym. Po tych wstępnych uwagach, przejdźmy teraz do historii cybernetyki. Wiener wyjaśnia w sposób bardzo przekonujący podobieństwo, jakie zachodzi w wymianie informacji i w sterowaniu, z jednej strony - między żywymi organizmami lub wewnątrz organizmu, z drugiej - między maszynami lub w samej maszynie (str. 3-14). O różnicy natomiast mówi niewyraźnie. Tymczasem ta różnica jest niezwykle istotna, negowanie jej prowadzi do niedopuszczalnego utożsamiania pracy maszyny z działalnością żywego organizmu, do niedorzecznych i szkodliwych fantazji - przed czym Wiener sam później przestrzega (str. 33).

Uważając za potrzebne poprzedzić wykład o narodzinach cybernetyki wypadem w historię fizyki, Wiener dał niesłuszną interpretację teorii względności, tą interpretację, którą rozpowszechnili jej pozytywistyczni popularyzatorzy. Przede wszystkim sens zerowego wyniku eksperymentu Michelsona-Morleya bynajmniej nie polega na tym, że „po prostu nie ma sposobu określenia ruchu materii w eterze” (str. 18), jak wyraża się Wiener, lecz na tym, że nie istnieje eter. Wiener subiektywistycznie interpretuje teorię względności, sprowadzając względność do nieruchomych bądź

poruszających się obserwatorów (str. 18-19). Zawinił tu częściowo sam Einstein, który, będąc pod wpływem filozofii Macha, używał tej ilustracji, wykładając swoją teorię. W ostatnim okresie życia Einstein porzucił machizm, przez wiele lat zwalczał go, podkreślał obiektywny charakter teorii względności, wskazywał, że nazwa źle odpowiada jej treści. Postulując, by prawa fizyczne były niezmiennicze względem ruchu układu odniesienia, niezależne od ruchu obserwatora, teoria ta nadaje im nowy stopień filozoficznej bezwzględności, zbliża nas do adekwatnego poznania przyrody. Dla Wienera jednak ważne jest co innego - umocnienie idealizmu subiektywnego za pomocą naukowego z pozoru argumentu. Sam przyznaje się do tego mówiąc, że zgodnie z nowymi poglądami fizyki „świat rzeczywiście istniejący zostaje zastąpiony w takim czy innym sensie - przez świat zaobserwowany, a dawny, naiwny realizm w fizyce ustępuje miejsca czemuś, do czego biskup Berkeley mógłby się uśmiechnąć z sympatią” (str. 19). Istotnie, cenne wyznaczenie, chociaż okupione zniesławieniem współczesnej fizyki!

W rozdziale „Postęp a entropia” Wiener wykorzystuje niektóre dane semantyki. Semantyka jest nauką o znaczeniu słów, niezmiernie doniosła dla filozofii i dla dowolnej, konkretnej nauki. Nie ma jednak sensu rozprawiać o podobieństwie i różnicy między „maszyną” a „żywym organizmem”, jeśli na samym wstępie nie wyjaśnimy sobie, co należy rozumieć przez słowo „maszyna”, a co przez „żywy organizm”. Nie wytrzymuje krytyki oświadczenie Wienera, że problem ten „możemy rozstrzygnąć tak, jak jest nam wygodniej” (str. 32), zmieniając odpowiednio pojęcie „życie”. Postępując w ten sposób można bez trudu utożsamić takie pojęcia, jak „biały” i „czarny”, „dobro” i „zło”, „proletariusz” i „kapitalista”, do czego ograniczają się niektórzy semantycy. Najbardziej zadziwia to, że sam Wiener uznając za konieczne zakreślenie pojęcia „życie” w ten sposób, aby nie obejmowało zjawisk, „które tylko w mglisty sposób przypominają znane nam formy życia”, zaraz potem proponuje „uniknąć wszelkich wątpliwych terminów opartych na zasadzie błędnego koła, takich jak «życie»,” (str. 32). Ładnie wyglądałaby nauka przy tego rodzaju podejściu. Jest jasne, że znaczenie słów określają nie względy wygody, lecz odpowiedniość słowa wobec tego, co ma oznaczać - rzeczywistości. Tak więc słowo „życie” oznacza nie, co się komu podoba, ale powstała w wyniku ewolucji szczególną formę ruchu materii, a mianowicie ciał białkowych, nieprzerwanie odnawiających swój skład chemiczny poprzez odżywianie i wydzielanie, zdolnych do wzrostu i rozmnażania. Włączenie w pojęcie „tego, co żywe”, maszyn bądź pewnych zjawisk astronomicznych na tej podstawie, że wszystkie je charakteryzuje zmniejszanie się entropii, nie jest bardziej uzasadnione niż zaliczenie krzesel i stołów do czworonogów na tej podstawie, że mają, jak koty i psy, po cztery nogi. Zresztą sam Wiener pisze, porównując żywy organizm z maszyną: „nie mam bynajmniej na myśli, że znane nam swoiste, fizyczne, chemiczne i duchowe procesy życia są takie same, jak procesy występujące w maszynach naśladujących istoty żywe” (str. 33). Nie przeszkadza mu to stosować bez omówień w dalszych wywodach takiej antropomorficznej terminologii, jak „uczące się maszyny”, „teoria uczenia się maszyn”, „istota ludzka jako maszyna”, itp. (patrz str. 39, 68, 85 i inne), które mogą zbić z tropu wielu czytelników.

Pouczające są też rozmyślenia Wienera o trudności rozumienia uczonego przez ogół. Samo takie przeciwstawienie jest skutkiem indywidualistycznego sposobu myślenia, charakterystycznego dla burżuazyjnego inteligenta. Toruje on sobie drogę, robi karierę naukową w pojedynkę, zdając się całkowicie na swoje osobiste zdolności. Solidarność i zdyscyplinowanie właściwe klasie robotniczej są mu obce. Przerażają go one, w swym anarchicznym myśleniu nie jest w stanie pojąć, że są świadome, dobrowolne i widzi w nich zagrożenie swej rzekomej wolności. Masy pracujące, którym zawdzięcza wszelkie dobra, samą możliwość zajmowania się nauką, traktuje jako „tłum” niedorostły do rozumienia pracy uczonych; uważa, że „ogółowi, o wiele bardziej zainteresowanemu antagonizmami osobistymi niż potyczkami z przyrodą, trudno jest zrozumieć stanowisko uczonego” (str. 37). Zresztą, być może, Wiener przez określenie „tłum”, „ogół” rozumie pewną część społeczeństwa

o świadomości ukształtowanej przez komiksy, brukową literaturę, kino, radio i żółtą prasę. Jeśli tak, nie będziemy się z nim spierać.

Wiener powtarza bardzo chętnie różnego rodzaju wypowiedzi niektórych myślicieli zachodnich, rozsiewających nastrój zagłady. Jak wiadomo, chwyt ten jest od czasów Schopenhauera i Nietzschego bardzo modny wśród apologetów imperializmu. Skoro coraz trudniej przedstawiać ustrój kapitalistyczny jako dobrodziejstwo ludzkości, usprawiedliwia się go tym, że niedorzeczne i skazane na śmierć jest wszystko, co istnieje. Prawdopodobnie pod wpływem Jeansa Wiener uważa, że „bardzo możliwe, iż życie jest rzadkim zjawiskiem we Wszechświecie, ograniczonym może do układu słonecznego, a może nawet, jeśli brać pod uwagę życie na takim poziomie organizacji, jaki nas w zasadzie interesuje, tylko do naszego globu” (str. 46). Stanowisko Jeansa, pozornie naukowe, w istocie jedynie odtwarza kościelny dogmat o uprzywilejowanym położeniu naszej planety, jako jedynej zaszczyconej uwagą boga. Twierdzenia tego rodzaju zostały skompromitowane przez rozwój astronomii. Nauka ta bowiem dowiodła istnienia, obok naszego systemu, innych systemów planetarnych. Z prawdopodobieństwem dowolnie bliskim pewności można twierdzić, że w wiecznym kołowrocie materii, w niewyobrażalnej liczbie układów gwiazdnych (w tym także w naszej Galaktyce) istnieje mnogość układów planetarnych, w których wciąż na nowo powstają warunki przypominające te, które niegdyś na Ziemi doprowadziły nieuchronnie do narodzin życia. W ten sposób niczym nie jest uzasadniony ze strony nauk przyrodniczych „intelektualny pesymizm zawodowego pracownika naukowego”, którego - jak pisze Wiener - „rozważania o przyszłości obce są emocjonalnej euforii przeciętnego człowieka, a zwłaszcza przeciętnego Amerykanina” (str. 42). Pesymizm ten odzwierciedla ostatecznie uzasadnione uczucie strachu przed nieuchronną zagładą tego ustroju, z którego losami czuje się związana wybrana elita burżuazyjnej inteligencji. Tutaj jednak, podobnie jak w wielu innych wypadkach, Wiener jest niekonsekwentny. Zdolny jest wystąpić przeciw tego rodzaju pesymistycznym nastrojom, znajdującym „podstawę jedynie w naszej ślepcie i beczynności” (str. 49), aby wkrótce potem, o dwie linijki niżej, prorokować ostateczną zagładę naszej cywilizacji i deklorować, iż „prymitywna wiara w postęp jest przekonaniem świadczącym nie o sile, ale o bierności, a tym samym o słabości” (str. 49).

Rozpatrując stosunek wyznawców rozmaitych religii do idei postępu, Wiener stawia w jednym rzędzie z nimi komunistów, którzy „wierzą jednak, że to Niebo na Ziemi nie ziści się bez walki” (str. 44). Dziwne to, nieprawdaż, że domagając się semantycznego podejścia do terminów, Wiener nie dostrzegał różnicy między ślepą wiarą zwolenników dogmatów religijnych i mistycznych objawień a przekonaniem zwolenników naukowego komunizmu, opartymi na znajomości praw rozwoju społecznego. Warto zaznaczyć, że przedstawianie komunizmu jako odmiany wiary religijnej jest jednym z ulubionych chwytów zarówno religii, jak i propagandy antykomunistycznej.

Wiener na marginesie zaznacza, że w Stanach Zjednoczonych nie jest urzeczywistniony „ideał” wolnego społeczeństwa, w którym „zapory we wzajemnym komunikowaniu się jednostek i klas nie są zbyt wielkie” (str. 53). Przyczynę tego upatruje w nierównościach rasowych. Tymczasem przekonanie o wyższości rasy białej nie przestanie być wiarą obowiązującą w znacznej części kraju (tj. USA), bowiem wywołane jest nie przez biologiczne, ale przez klasowe przyczyny - te same przyczyny, które powodują przekształcenie się amerykańskiej demokracji w pusty dźwięk. Zyski miliarderów i miliony bezrobotnych, pałace fabrykantów i biedota w ruderach, gwałt, oszustwo i przekupstwo - na jednym biegunie społeczeństwa, i obleczone w pozór „wolności” bezprawie - na drugim - oto prawdziwe zapory, o których winien był powiedzieć Wiener. Groźba unicestwienia resztek praw demokratycznych nadpływa od strony kapitalistycznych monopolii. Kiedy indziej Wiener zdolny jest znaleźć słowa druzgocącej krytyki, na przykład w stosunku do faszystów, którzy dążą, jak mówi, do „stworzenia państwa opartego na wzorze społeczności mrówek” (str. 54). Niestety, dar słowa

opuszcza go, gdy sprawa dotyczy oceny klasowych sprzeczności w społeczeństwie kapitalistycznym. Niezależnie od tego, witamy oczywiście z zadowoleniem każdą postępową myśl Wienera. Chętnie dzielimy jego słuszne poglądy na zależność działalności duchowej od fizjologicznego rozwoju żywego organizmu. Ale martwi nas, gdy spostrzegamy, że uważa za możliwe elektrycznie łączyć mechanistyczną teorię asocjacji Locke'a z teorią odruchów warunkowych I. P. Pawłowa, która przynosi autentycznie naukowe wyjaśnienie wyższej działalności nerwowej zwierząt i człowieka. Jest to tym bardziej przykre, że sam Wiener występuje przeciwko mechanistycznemu utożsamieniu mózgu i cyfrowej maszyny matematycznej, zwracając uwagę, iż takie utożsamianie słusznie spotyka się z krytyką fizjologów i psychologów. Jak widać, mało jest w tym wszystkim konsekwencji. Trudno jednak nie zgodzić się z ogólnym wnioskiem, do którego Wiener dochodzi. W obecnym stanie nauki o fizjologicznych podstawach psychiki - wypowiedzi fizjologów i psychologów o różnicach między zachowaniem się żywych organizmów i funkcjonowaniem maszyn winny być w równym stopniu ostrożne, jak wypowiedzi matematyków, fizyków i inżynierów o podobieństwach między nimi. Trzeba jednak skonstatować, że tego rodzaju ostrożności nie zawsze przestrzegają zarówno jedni, jak i drudzy. Nieściste wypowiedzi często trafiają się także filozofom piszącym o cybernetyce.

Analizując historię i historię języka, Wiener przedstawia jego społeczną naturę w sposób niesłuszny. Nie rozumie, że język powstał z dźwiękowej sygnalizacji naszych zwierzęcych przodków wówczas, gdy ich stado stopniowo przekształcało się w pierwotny, pracujący kolektyw. Aby ten kolektyw działał celowo i zgodnie, jako środek wzajemnego porozumienia potrzebny był język. Właśnie decydujące znaczenie pracy w procesie stawania się człowieka i jego języka wymknęło się uwadze Wienera. W sposób nieuprawniony mówi on o „języku” zwierząt i sądzi, że u ptaków istnieją elementy rozumienia swego języka. Wcześniej mówił o mrówczym społeczeństwie w tym sensie, co o ludzkim, choć termin „społeczeństwo” można stosować do zwierząt tylko warunkowo. Idealistyczne, pochodzące od Kanta rozumienie przez Wienera istoty języka jaskrawo uwydatnia się w jego twierdzeniu, że ponoć „ludzkie zainteresowanie językiem wydaje się być wrodzonym zainteresowaniem procesami szyfrowania i rozszyfrowania” (str. 93), gdy tymczasem „mówienie i pragnienie mówienia nie leży w naturze zwierzęcia” (str. 89), lub jakoby „w grupach pierwotnych wielkość społeczeństwa [...] ograniczona jest trudnością przekazywania wiadomości” (str. 99). W rzeczywistości wszystko było na odwrót: wielkość grupy pierwotnej zależy od warunków materialnego życia, w pierwszym rzędzie od źródeł pożywienia, determinujących także zakres rozpowszechnienia jej języka.

Może się wydawać, że krytykując Wienera, szukamy dziury w całym. Tak jednak nie jest, zatrzymujemy się bowiem tylko na niektórych, najważniejszych jego błędach. Nie są to bynajmniej błędy niewinne. Oto, biorąc za punkt wyjścia swoje niesłuszne rozumienie języka, Wiener dochodzi do wniosku, że „współczesna technika komunikacji [...] uczyniła Państwo Światowe czymś nieuniknionym” (str. 99). Daje w ten sposób poglądowy przykład tego, jak dla uzasadnienia najbardziej reakcyjnych idei politycznych mogą być wykorzystane fałszywe założenia metodologiczne w dziedzinie, wydawałoby się, czysto akademickiej.

Gdy Wiener twierdzi, że przekazywanie sygnałów dźwiękowych, świetlnych, telegraficznych czy radiowych „nie wymaga przenoszenia ani odrobiny materii” (str. 106), nie chce się liczyć z tym, iż światło i fale radiowe są formą materii, jakościowo odmienną od jej korpuskularnej formy, nie mówiąc już o tym, że przekazywanie dźwięku jest uwarunkowane ruchem materialnego ośrodka (np. drganiami powietrza), a w telegrafii mamy do czynienia z prądem elektrycznym - przemieszczaniem w przewodzie materialnych cząstek elementarnych - elektronów. Filozoficzny sens tej wypowiedzi Wienera jest jasny. Likwiduje on materię w duchu współczesnego energetyzmu. Na wypowiedziach

w rodzaju „fizyczna tożsamość jednostki nie polega na materii, z której ta jednostka się składa” (str. 110), nie warto się zatrzymywać.

Lecz jak już na to uprzednio wskazywaliśmy, u Wienera obok podobnych, prowadzących w objęcia mistyki wypowiedzi (to, co fizyczne, nie składa się z materii) spotykamy także opinie słuszne. Oto niezależnie od zupełnego niezrozumienia istoty prawa, jego korzeni ekonomicznych i klasowych, niezależnie od burżuazyjnego liberalizmu, Wiener daje jednak interesujący opis burżuazyjnego prawa, gdy pisze, że w prawodawstwie są wypadki nie tylko dopuszczania do oszustwa, ale i zachęcania do niego; oczywiście, nie jest to wystarczająca i pełna charakterystyka istotnej dwulicowości burżuazyjnej Temidy.

Przebłęski prawdy są pomieszane u Wienera z dwuznacznymi i reakcyjnymi politycznymi ideami. Stawia on na przykład znak równości między Związkiem Radzieckim i Stanami Zjednoczonymi, przypisując obu dążenie do panowania nad światem. Nie przeszkadza mu to o stroniczkę dalej pisać bez szczególnej sympatii o „podstawowym amerykańskim kryterium - wartości towaru na wolnym rynku” (str. 123). Wiener podkreśla wyraźnie, że kwestionowanie tej oficjalnej doktryny, wchodzącej w skład ortodoksyjnej wiary, jest dla mieszkańca Stanów Zjednoczonych coraz bardziej niebezpieczne, chociaż doktryna ta „...nie reprezentuje powszechnej podstawy ludzkich wartości”, nie odpowiada bowiem ani doktrynie Kościoła, ani doktrynie marksizmu, która „ocenia społeczeństwo z punktu widzenia realizowania przez nie pewnych określonych ideałów ludzkiego dobrobytu” (str. 123).

Wydawać by się mogło, że skoro „doktryny” ZSRR i USA są przeciwstawne, to także nie są jednakowe cele ich polityki zagranicznej, ale Wiener nie domyśla się tego. A przecież uczonemu wypadłoby brać fakty za punkt wyjścia. Nie USA, lecz ZSRR zmniejszył swoje siły zbrojne, nie ZSRR usiłuje otoczyć USA bazami wojennymi, a odwrotnie, nie ze strony ZSRR występuje odmowa zakazu wojny atomowej, prób z bombami atomowymi, zawarcia układu o nieagresji, nie radzieccy działacze polityczni i nie radziecka prasa propagowali „wojnę prewencyjną”, nie Związek Radziecki popiera kolonializm itd. A jeśli Wiener wnioskuje stąd, że chwilowo nieprzyjacielem może być Rosja, to stoimy przed alternatywą: albo maszyna logiczna, za pomocą której doszedł on do tego wniosku, posiada poważny defekt, albo wprowadzone w nią programy przedstawiają sobą sofistyczny schemat logiczny, przeczący naukowym prawom logicznego myślenia.

Wiener najwyraźniej sam zaczyna to dostrzegać. Pisząc dalej, że wrogiem tym jest „bodaj jeszcze bardziej nasze własne odbicie w jakimś mirażu” (str. 140), nazywa rozważania o możliwym napadzie na USA „złudzeniem” i ostro krytykuje zgubne następstwa polityki „z pozycji siły”. Ale jakkolwiek byłoby słuszne wszystko to, co Wiener mówi o demoralizującym wpływie tajności badań naukowych, naprawić sytuację można jedynie przez przerwanie wyścigu zbrojeń, ustanowienie prawdziwie pokojowych, przyjaznych stosunków między krajami o różnej ideologii, przy bezwzględnym przestrzeganiu zasady równouprawnienia.

Mówiąc o roli inteligencji i uczonych we współczesnym świecie, Wiener ostro krytykuje system oświaty w USA, który doprowadza do tego, że „uzyskanie stopnia naukowego oraz obranie sobie kariery uważanej za intelektualną jest w większym stopniu kwestią prestiżu społecznego niż głębokiej potrzeby” (str. 145).

Rozpatrując „pierwszą i drugą rewolucję przemysłową”, Wiener, choć ogólnie daje nawet poprawny i żywy obraz rozwoju technicznego, niemal nie ujawnia właściwych ekonomicznych przyczyn tego rozwoju. Nie będziemy zatrzymywać się na wielu innych błędnych wypowiedziach Wienera, zaznaczymy tylko, że industrializację krajów azjatyckich, czy to będą znieważane przez amerykańską propagandę komunistyczne Chiny, czy niekomunistyczne Indie, Wiener traktuje jako „formę wyzysku pracy kobiet i dzieci” (str. 155), zestawiając je z wyzyskiem panującym w południowoafrykańskich

kopalniach diamentów. Jest interesujące, że Wiener - zapewne nieświadomie - powtarza polityczno-ekonomiczne idee nazisty Klagesa, który w 1934 roku w książce *Idea i system* dowodził konieczności nawrotu od wielkich fabryk, „demoralizujących” robotników, do chałupnictwa. Jak wiadomo, wielu drobnomieszczańskich „dobroczyńców” proletariatu barwnie przedstawiało ów raj, do którego rzekomo winien doprowadzić tego rodzaju system.

Być może dla urozmaicenia Wiener daje tamże złośliwą, ale sprawiedliwą krytykę wykorzystania wynalazków w Ameryce, pisząc: „niech fakt, że ten wielki triumf wynalazczości został wydany na łup reklamom i śpiewakom przebojów, nie pozwala nam zapomnieć, ile wspaniałej roboty wykonano, by udoskonalić radio i że posiada ono wszelkie możliwości rozpowszechniania cywilizacji i kultury, możliwości, które wypaczono dla celów reklamowych” (str. 161).

Co zdaniem Wienera przyniesie ludzkości „druga rewolucja przemysłowa”? Bezrobocie i kryzys, jakiego nie znała jeszcze historia, a także gwarantowane i szybkie zyski (Wiener ma tu oczywiście na uwadze świat kapitalistyczny). Rewolucja ta, przyznaje Wiener, jest „obosiecznym mieczem”, może być wykorzystana zarówno dla dobra ludzkości, jak i dla jej unicestwienia. Gdzież jest wyjście? Wiener jest optymistą, ale niestety, jego optymizm bazuje na „zdrowym rozsądku” przedstawicieli kół biznesu, które jakoby rozumieją spoczywające na nich społeczne obowiązki. Do tego wniosku Wiener doszedł w niniejszym, drugim wydaniu książki, w następstwie uczestniczenia w dwóch ważnych konferencjach z businessmanami (w pierwszym wydaniu patrzył w przyszłość bardziej ponuro). Jesteśmy przekonani, że jeśli rzeczywiście ci panowie zdecydowali się pohamować nieco swoje apetyty, to w każdym razie nie z poczucia społecznej odpowiedzialności. Wzrost bezrobocia wywołany wzrostem automatyzacji wzbudził w nich strach, że mogą stracić wszystko. Oto rozwiązanie zagadki ich zachowania się. Tylko rewolucja socjalistyczna może spożytkować nową technikę dla dobra człowieka, w trosce o zwiększenie jego odpoczynku i wzbogacenie jego życia duchowego, a nie po to jedynie, by zbierać zyski i kłaniać się maszynie, jako nowemu bożkowi.

Analizując niektóre maszyny informacyjne i ich przyszłość Wiener przytacza słowa dominikanina, mnicha Dubarle, który serio przypuszcza, że w przyszłości maszyna gromadząca informacje statystyczne będzie w stanie zastąpić „maszynę państwowego rządu”, a nawet zarządzać sprawami społecznymi całej ludzkości. Jak słusznie wskazuje Wiener, ta „maszyna do rządu” jest niemożliwa, nie jest ona bowiem w stanie uwzględnić ogromnej złożoności zachowania się ludzi. Jeśli byłaby możliwa, zauważa Wiener, to stanowiłaby dla współczesnego społeczeństwa ogromne niebezpieczeństwo, ponieważ mogłaby być wykorzystana dla celów żądnych władzy grup. Z tego jednak nie wynika, iżby maszyny do gier uwzględniające przypadkowe zjawiska i zbudowane według zasady maszyny przewidującej, na przykład takiej, która określa skuteczność ognia artylerii przeciwlotniczej, nie mogły być z pożytkiem wykorzystane do rozwiązywania zadań wojskowo-strategicznych, planowania itd. Cybernetyka może więc być stosowana w naukach społecznych. Te słuszne wywody łączy Wiener z krytyką chełpliwych deklaracji o naukowej i technicznej wyższości USA oraz całego systemu polityki Stanów Zjednoczonych, porównując tę ostatnią do maszyny nie posiadającej zdolności poznania i do złego dzina.

Lecz słusznym uwagom Wienera towarzyszą reakcyjne polityczne wypowiedzi. Akceptuje on bowiem filozofię teorii gier von Neumanna i Morgensterna, zgodnie z którą polityka, język i w ogóle wszelka łączność jest grą opartą na bluffie, na stosowaniu przez obu partnerów wszelkich środków, aby wzajemnie wprowadzić się w błąd. Innymi słowy, do rangi ogólnoludzkiej zasady podniesiona tu została reguła burżuazyjnej moralności „człowiek człowiekowi wilkiem”. Następnie Wiener powtarza wytarte brednie, zmyślane jeszcze przez rosyjskich białogwardzistów z okresu interwencji, o fanatyzmie „żołnierzy Krzyża czy Młota i Sierpa” itp. Píše też, że „kto zaprzysiągł swą wierność komuś lub czemuś, o ile ta wierność jest bezwzględna, nie nadaje się do najwyższych zadań w pracy

naukowej” (str. 209). Wszystkie te bzdury zostały skompromitowane w rezultacie wielkich osiągnięć radzieckiej nauki. Gdy czytamy u Wienera, że „wszystkie wojny komunizmu przeciw szatanowi kapitalizmu mają subtelny, emocjonalny podkład manichejski” (str. 210), (to jest nauki, zgodnie z którą wszelkie zło pochodzi od świadomych przewrotnych poczynań diabła, wymyślającego wszelkie podstępny), pozostaje tylko uśmiechnąć się wobec takiej naiwności w rozumieniu problemów społecznych.

Aby zostać matematykiem Wiener wiele pracował i gruntownie przestudiował tę naukę. Jak widać z jego dzieł, znacznie mniej gruntownie zapoznał się z filozofią. Jeśli chodzi o ekonomię polityczną i socjologię, jego wiedza jest niezmiernie powierzchowna. Nie przeszkadza mu to jednak wypowiadać kategorię sądów o najtrudniejszych problemach. Wiener nie rozumie, a może także nie chce rozumieć, że macCarthyizm jest zjawiskiem wypływającym z samej istoty panowania monopolu imperialistycznych. Dyktaturę proletariatu, władzę ludzi pracy mającą na celu dobro ludu, Wiener wymienia jednym tchem obok tyranii faszystów i magnatów kapitału, nazywa kraje socjalistyczne totalitarnymi, a ich ustrój - despotycznym.

I jeśli Wiener ma rację, deklarując na końcu książki, że „wiara narzucona nam z zewnątrz nie jest wiarą, a społeczeństwo uzależniające się od takiej pseudowiały jest ostatecznie skazane na upadek w wyniku paraliżu spowodowanego brakiem zdrowego rozwoju nauki” (str. 213) - a przyłączamy się do tej tezy - to winien by gruntownie przemyśleć, w jakim stopniu „z własnej woli” sam doszedł do swych sądów o komunizmie. Rozumie się, nie zamierzamy twierdzić, iżby sądy te podyktowali mu panowie z Komisji Badania Działalności Antyamerykańskiej bądź iż głosi on je ze strachu przed tą Komisją. Nic podobnego. Subiektywnie działa on w zgodzie z „wolnym przekonaniem”, nie podejrzewając, że jego pozycja socjalna nałożyła mu na oczy końskie okulary, zaś atmosfera ideologiczna, w której żyje, wywołuje takie „szmery”, iż dosięgająca go informacja o rzeczywistości jest wypaczona do niepoznania.

Czytelnik, który zapozna się z książką Wienera, w przejrzysty sposób ujrzy głęboko sprzeczny charakter poglądów wielu współczesnych uczonych w krajach kapitalistycznych. Zobaczy, jak chwiejne są ich zapatrywania filozoficzne i społeczne, jak porzucają oni naukową metodę, z pomocą której w dziedzinie swojej specjalności osiągają sukcesy, czasem najznakomitsze. Zagadka tej sprzeczności została, jak wiadomo, dawno rozwiązana. Pracując w swojej specjalnej dziedzinie przyrodnicy żywiotowo trzymają się materializmu, ale skoro tylko dochodzą do uogólnień filozoficznych i społecznych, posługują się kanonami najgorszych koncepcji idealistycznych.

Uderzająca kariera urządzeń cybernetycznych tak mocno wpłynęła na niektórych filozofów burżuazyjnych, że zaczęli błędnie utożsamiać ich pracę z pracą mózgu. Inni zaś doszli do stwierdzenia, że jeśli tylko udało się zbudować wystarczająco złożoną maszynę cybernetyczną, zastąpiłaby ona w pełni mózg ludzki. Z drugiej jednak strony niektórzy zwolennicy religii obwieścili, że zajmowanie się cybernetyką jest grzeszne, bowiem bóg obdarzył myślącym duchem wyłącznie człowieka, a nie martwą materię.

Błądzili także niektórzy nasi filozofowie, odmawiając cybernetyce prawa do istnienia, nazywając ją „pseudonauką”, na tej podstawie, że pasożytuje na niej idealizm.

Tymczasem jest oczywiste, że między maszyną, chociażby najdoskonalszą, a mózgiem jest jakościowa różnica. Mózg składa się z żywych komórek, jest produktem ewolucji przyrody, działa zgodnie z biochemicznymi prawidłowościami. Natomiast maszyna zbudowana przez człowieka z lamp elektronowych działa według zadanego programu, zgodnie z prawami elektrodynamiki. Maszyna nie posiada uczuć, woli, świadomości. Ale równocześnie między maszyną i mózgiem nie ma absolutnej przepaści. Jest tak nie tylko dlatego, że są one odmianami jednej materii, lecz także dlatego, że

w samej materii, jak mówił W. I. Lenin, założona jest zdolność w pewnym stopniu zbieżna z wrażeniami zmysłowymi, zdolność odbicia. Właśnie ta okoliczność wyjaśnia, dlaczego maszyna może naśladować prace układu nerwowego, dlaczego nawet usterki maszyny imitują zaburzenia nerwowe. Ta zewnętrzna, ilościowa, formalna analogia nie daje możliwości nakreślić raz na zawsze granic tych procesów myślowych, które będzie można przerzucić na maszynę.

Warto zauważyć, że Wiener niezależnie od wszystkich filozoficznych potknięć (sam uważa się za egzystencjalistę) nie dał się porwać tym pozbawionym podstaw, fantastycznym czy wręcz szarlatkańskim wyolbrzymieniom, które zyskały tak szerokie rozpowszechnienie na Zachodzie w związku z cybernetyką.

Cybernetyka, jednocząca odległe uprzednio dziedziny wiedzy ludzkiej, takie jak matematyka i fizjologia, technika i biologia, posiada wielkie, syntetyzujące znaczenie dla nauki. Lecz jeszcze ważniejszy jest jej wpływ na rozwój ludzkiego społeczeństwa w całości. Wpływ ten jednak jest rozmaity w różnych formacjach społeczno-ekonomicznych. W warunkach kapitalizmu wprowadzenie urządzeń cybernetycznych, intensywne automatyzacja produkcji, transportu, usług, prac administracyjnych w zakresie planowania, sprawozdawczych, buchalteryjnych prowadzi do znacznej redukcji robotników i urzędników, ostrego nasilenia bezrobocia, podminowuje podstawy ustroju kapitalistycznego. W warunkach socjalizmu, odwrotnie, urządzenia cybernetyczne sprzyjają uwolnieniu człowieka od brzemienia męczącej, monotonnej pracy fizycznej i umysłowej, prowadzą do poważnego skrócenia dnia roboczego, umożliwiają wszechstronny rozwój twórczej działalności człowieka. O ile sam ustrój socjalistyczny przekształca pracę z nieprzyjemnej konieczności w potrzebę życiową, to technika cybernetyczna sprzyja przekształceniu się robotnika z dodatku do maszyny, który musi podporządkować się tempu taśmy produkcyjnej, w inżyniera lub technika-konserwatora. Ale Wiener tego nie rozumie, skłonny, jak wielu jego ziomków, te chorobliwe następstwa, które niesie ze sobą wzrost automatyzacji w kapitalizmie, podnosić bezkrytycznie do rangi uniwersalnej zasady, rzekomo prawdziwej dla całości społeczeństw.

Obalając niesłuszne wypowiedzi Wienera nie utrzymaliśmy w pewnych miejscach powściągliwego tonu „akademickiego”. Zmusił nas do tego sam Wiener. Szczególnie trudno powstrzymać się od dania wyrazu uczuciom, gdy stykamy się z insynuacjami dotyczącymi wyzwolenia człowieka z wszelkiego ucisku, dotyczącymi ideałów, za które miliony najlepszych ludzi oddało swe życie. W najmniejszej mierze intencją naszej krytyki nie jest jednak pomniejszenie naukowych zasług twórcy cybernetyki. Tym bardziej nie chcemy rzucić cienia na osobę Wienera.

Pokojowe współistnienie uważamy za jedyną rozumną politykę nie tylko między państwami o przeciwstawnych systemach społeczno-politycznych, lecz także za jedyną rozumną podstawę wzajemnych stosunków między pracownikami naukowymi przeciwstawnych obozów ideologicznych. Dlatego byłibyśmy radzi, gdyby zapoczątkowana tu dyskusja była kontynuowana. Oczywiście nie sądzimy, iż w wyniku tego rodzaju dyskusji ktokolwiek z nas potrafi definitywnie przekonać oponenta, szczególnie jeśli idzie o zagadnienia podstawowe. Lecz niewątpliwie wymiana poglądów przyniesie korzyści nauce. Albowiem prawda rodzi się w sporze. Oczywiście, jeśli spór prowadzony jest przy pomocy argumentów, a nie za pomocą uderzeń „wielkich kijów”, a tym bardziej nie za pomocą wybuchów bomb wodorowych.

E. J. Kolman

*Niniejsze posłowie stanowi przedruk wstępu prof. E. J. Kolmana z rosyjskiego wydania (1958) pracy N. Wienera.*



Przekład Olgierda Wojtasiewicza  
THE HUMAN USE OF HUMAN BEINGS  
CYBERNETICS AND SOCIETY

By Norbert Wiener Professor of Mathematics at the Massachusetts Institute of Technology  
Copyright, 1950, 1954, 1956, by Norbert Wiener All Rights Reserved Printed in the United States

Okładkę projektował Jan Śliwiński

Redaktor K. Sokół

Red. techniczny K. Kolański

Korektor Z. Józefowiczowa

„Książka i Wiedza”, Warszawa, marzec 1960 r. Wyd. I. Nakład 5 000+251 egz. Obj. ark. wyd. 10,8. Obj. ark. druk. 14,75 (12,5), Papier druk. sat. kl. in, 80 g, 82X104 cm. Oddano do składu 21.IX.1959 r. Podpisano do druku 21.XII.1959 r. Druk ukończono w lutym 1960 r. Łódzka Drukarnia Dziełowa, Łódź, ul. Piotrkowska 81 Zam. nr 515/A/59 \* R-3 Cena zł 20.-

