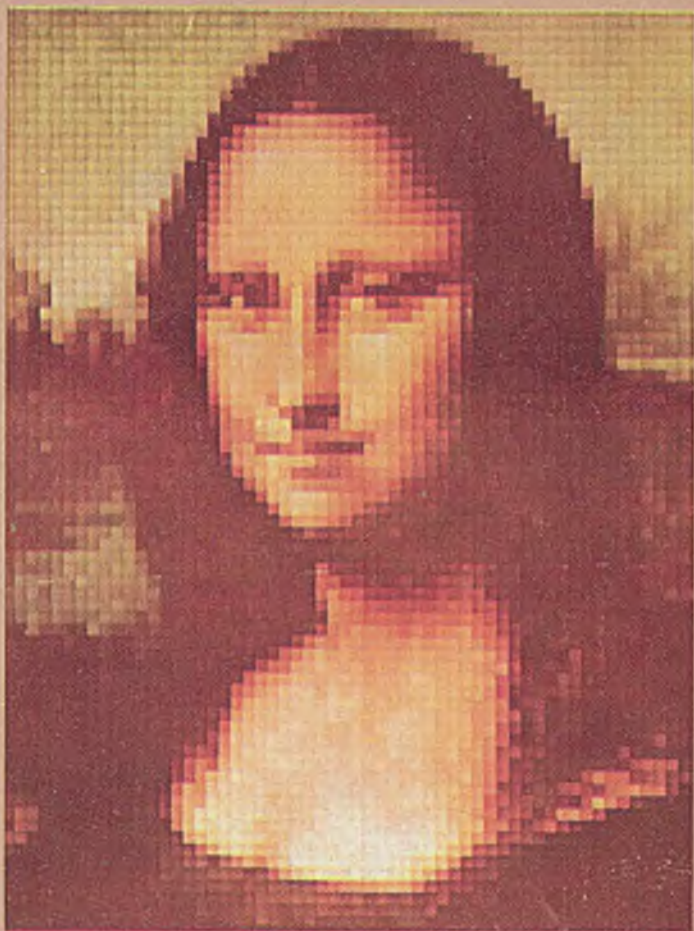


Marek Hołyński



MASZYNY JAK LUDZIE



ISKRY

**MASZYNY
JAK LUDZIE**

Marek Hołyński

**MASZYNY
JAK LUDZIE**



ISKRY Warszawa 1984

Opracowanie graficzne
Maciej Buszewicz

Zdjęcia M. Holyński (1) oraz archiwum PW „Iskry”

Redaktor
Robert M. Sadowski

Redaktor techniczny
Elżbieta Kozak

Korektor
Barbara Slennicka

007.52 + 62 - 52: 681.324



53534

ISBN 83-207-0584-3

© Copyright by Marek Holyński, Warszawa 1984

PRINTED IN POLAND

Państwowe Wydawnictwo „Iskry”, Warszawa 1984 r.
Wydanie I. Nakład 5000+250 egz.
Ark. wyd. 10,9. Ark. druk. 14+2 ark. wkładek.
Papier druk. sat. kl. IV, 71 g, 82×104.
Szczecińskie Zakłady Graficzne,
Szczecin, Al. Wojska Polskiego 128.
Zam. nr 0743/11.10/83/I, T-78.
Cena zł 180.—

364/85

Dusza maszyny

- Cześć!
- Jak się masz? Sformułuj, proszę, swój problem.
- Potrzebuję przykładu do mojej książki.
- Twojej książki?
- Tak, do mojej książki o komputerach. Czy możesz mi pomóc?
- Czy komputery cię niepokoją?
- Wcale nie. Myślę, że mogą być bardzo użyteczne.
- Czy mógłbyś o tym szerzej opowiedzieć?
- Komputery odgrywają zasadniczą rolę w funkcjonowaniu naszego społeczeństwa.
- Dlaczego zwróciłeś uwagę akurat na komputery?
- Dlatego, że książka im właśnie będzie poświęcona.

*

* *

Ta książka istotnie będzie poświęcona komputerom. Ale nie tylko. Znajdzie się w niej bowiem miejsce także dla innych urządzeń, które potrafią już tak wiele, że w pewnych dziedzinach mogą konkurować ze swym twórcą — człowiekiem.

Rozmowa, którą przytoczyłem na wstępie, to autentyczny dialog między komputerem a kimś, kto pisze

książkę właśnie o maszynach cyfrowych. To nie byłem ja, choć rozmowa ta bardzo tu pasuje. Daję słowo, że nie wymyśliłem jej ani nie przepisałem z jakiejś powieści fantastyczno-naukowej. Dialog jest w stu procentach prawdziwy — był nawet zamieszczony w naukowym piśmie „Computers and People” jako dokumentacja eksperymentu, który odbył się w 1976 roku. Komputer uczestniczący w tej rozmowie wyposażony był w program „Eliza”, napisany przez Josepha Weizenbauma z Massachusetts Institute of Technology w Stanach Zjednoczonych.

O tym programie i rozmowach z komputerami będzie jeszcze w tej książce mowa. Tymczasem sygnalizuję jedynie tę kwestię, aby nie narazić się na podejrzenie, że mam zamiar poświęcić sto kilkadziesiąt stron druku na karkołomne porównania człowieka z maszynami w rodzaju kosiarki lub obrabiarki. Wystarczy przecież pójść na wycieczkę do pierwszej z brzegu fabryki, by przekonać się, że maszyny, które tam stoją (czyli takie urządzenia, z którymi słowo „maszyna” z miejsca się kojarzy), niewiele z człowiekiem mają wspólnego. Są brzydkie, brudne, hałaśliwe, ociekające smarami; pół godziny wystarczy, by wyjść z bólem głowy. Jeszcze większej niechęci do maszyn nabiera się przez regularne oglądanie dzienników telewizyjnych.

Jednakże maszyny to nie tylko tokarki czy silniki okrętowe, czyli urządzenia, które wzmacniają ludzkie siły fizyczne lub wyręczają człowieka w rozmaitych czynnościach manualnych. Wiele współczesnych maszyn przejęło sporą część zarezerwowanych dotąd dla człowieka skomplikowanych procesów intelektualnych. Nikogo nie dziwi już fakt, że coraz doskonalsze urządzenia wyręczają ludzi w czynnościach wymagających siły, cierpliwości, precyzji lub odporności na szkodliwe wpływy otoczenia, że spotyka się ich coraz więcej w przemyśle, komunikacji, handlu czy wojsku. Wciąż jed-

nak zaskakuje nas ich aktywna obecność w tak zdawałoby się całkowicie zależnych od człowieka dyscyplinach, jak medycyna, polityka, szkolnictwo czy walka z przestępczością. Okazało się nawet, że sztuka, bez reszty przecież podporządkowana ludzkiej wrażliwości i talentom, uległa ogólnym tendencjom i zezwoliła kamerom telewizyjnym, laserom i komputerom wkroczyć na swoje obszary.

Odkrycie techniki drukarskiej było wydarzeniem nie tylko dla piętnastowiecznych miłośników książek. Spowodowało ono istotne zmiany nie tylko w ówczesnej edukacji i kulturze. Oddziało pośrednio również na sytuację ekonomiczną i polityczną. Stało się zatem niezwykle ważne także i dla tych, którzy nie umieli wtedy czytać.

Gdyby ogłosić plebiscyt na wynalazki techniczne, które wywarły ostatnio decydujący wpływ na naszą cywilizację, to chyba właśnie telewizja, lasery i komputery znalazłyby się w czołówce. Są one powszechnie znane i stosowane — stały się jakby symbolami XX wieku. Zdarzały się, co prawda, wynalazki bardziej efektowne, które na krótszy lub dłuższy czas przykuwały uwagę świata. Mimo to jednak ani bomba atomowa, ani rakieta kosmiczna (zresztą stary pomysł) nie wpłynęły na pokojową codzienność w równej mierze co telewizja, której siły oddziaływania na społeczeństwo trudno nie doceniać. Możliwości komputerów są także ogromne — jeśli wierzyć pojawiającym się w prasie popołudniowej notatkom — maszyny cyfrowe potrafią już dzisiaj prawie wszystko. Wszystko wskazuje na to, że i laser stanie się jednym z bardziej cennych i uniwersalnych wynalazków, jakie kiedykolwiek ludzkość miała do dyspozycji.

O tych trzech urządzeniach będzie właśnie w tej książce głównie mowa — na ich przykładzie bowiem najprościej ocenić walory obecnie istniejących maszyn

w porównaniu do aktualnych możliwości człowieka. Wielu czytelnikom takie porównanie wyda się pewnie przedwczesne, a kto wie, czy nie obraźliwe dla człowieka. Nie wydając więc na razie ostatecznych werdyktów, spróbujmy prześledzić rzecz po kolei. Postarajmy się ocenić przydatność sztucznie budowanych kończyn, poznać skuteczność urządzeń naśladowujących zmysły, zestawić mózg z usiłującymi go wyręczyć maszynami. Sprawdźmy następnie, jak te urządzenia dają sobie radę w działaniach, które najlepiej określają ludzką sprawność umysłową: w podejmowaniu decyzji, rozwiązywaniu problemów czy też grach uznanych za swoisty miernik inteligencji. Jak wypadają w tych dziedzinach, w których wszystko dotąd było w ludzkich rękach? Jak spisywać się będzie maszyna — lekarz, detektyw, nauczyciel, gospodyni domowa czy artysta?

Można by sądzić, że tak bezceremonialne zestawianie ludzi i maszyn, graniczące niemal ze świętokradztwem, jest typowe wyłącznie dla naszych, oszołomionych sukcesami techniki czasów. Przypomnijmy zatem, że przed z górą dwustu laty francuski filozof, lekarz i biolog, La Mettrie, napisał książkę *Człowiek maszyna*, w której dowodził, że „(...) ciało ludzkie jest maszyną, która nakręca sama swoje własne sprężyny (...) ciało ludzkie to zegar, ale zegar ogromny, zbudowany kunsztownie i umiejętnie”.

Skoro takie rzeczy pisano już w XVIII wieku, to trudno się dziwić współczesnym naukowcom, których do analogicznych porównań inspirują urządzenia znacznie bliższe człowiekowi niż zegar (choćby nawet z kukułką). Pewne podstawowe prawa przyrody, reguły precyzowane przez matematykę, fizykę i chemię, które w jednakowy sposób obowiązują człowieka i maszynę, sprowokowały fanatyków technicyzacji do wysnuwania na tej podstawie hipotez o jakiejś elementarnej wspólnocie. „Maszyny jak ludzie: rodzą się, działają

i odchodzą na emeryturę... Każdy, kto posługiwał się dłuższy czas jakimś technicznym urządzeniem, potrafi wyczuć jego niepowtarzalną specyfikę, jak gdyby duszę maszyny”.

Choć podobne stwierdzenia ocierają się o metafizykę, to rozumowanie takie nie było obce nawet bardzo trzeźwo myślącym ludziom. Znany fizyk amerykański, Albert Michelson, miał przez wiele lat do czynienia z urządzeniami, które sam zbudował do doświadczeń nad prędkością światła. Obcowanie z nimi skłoniło go do następującego wniosku: „Maszyna ma kobiecy charakter. Trzeba z nią żartować, starać się ją udobruchać, zagadać, okłamać, a innym razem należy jej czymś zagrozić”. Dziwne, jak tego typu wyznania przypominają wiarę ludów pierwotnych — trzeba przeprosić drzewo, zanim się je zetnie, i namówić łódź, żeby zechciała płynąć pod prąd.

Fakt, że telewizor i jego właściciel reagują jednakowo np. na siłę grawitacji i podobnie źle znoszą upadek z dachu hotelu „Forum”, byłby chyba mocno naciągającym dowodem ich pokrewieństwa. Bardziej już przekonujący wydaje się taki argument: człowiek budował rozmaite mechanizmy po to, by się samemu nimi posługiwać — musiał je więc obarczać pewnymi własnymi cechami. Analogia to jednak bardzo wątpliwa, jeśli oprzeć ją na spostrzeżeniu, że łopata dobrze się układa w ludzkich dłoniach, a wewnątrz samochodu odpowiada (poza paru znanymi nam doskonale wyjątkami) wymiarom przeciętnego człowieka. Porównanie nabiera dopiero wtedy sensu, gdy weźmiemy pod uwagę urządzenia, które były budowane na nasz obraz i podobieństwo. Gdy okazywało się bowiem, że do wykonania jakiegoś zadania konieczne jest nowe narzędzie, konstruktorzy, zamiast wymyślać oryginalne rozwiązania, ułatwiali sobie często sprawę: „podpatrzmy, jak ludzie wykonują tę pracę, i zróbmy coś, co działa identycznie”. W ten

właśnie sposób narodziły się pierwsze manipulatory w laboratoriach atomowych — nic więc dziwnego, że ich wygląd nawet osobom o niezbyt rozwiniętej wyobraźni przywodzi na myśl ludzkie ręce.

W trosce o ułatwienie sobie życia stworzyliśmy dziesiątki maszyn, których umiejętności znacznie przewyższyły zdolności dane człowiekowi przez naturę. Dźwig przenosi większe ciężary, rower prześciga szybkobiegacza, programowana obrabiarka delikatniej wygładza owal pierścionka od najbardziej wytrawnego jubilera. Podobnie z ludzkimi zmysłami: termometr znacznie precyzyjniej określa temperaturę, mikrofon czulej wyciąpuje najcichsze szmery, mikroskop pokazuje świat, jakim go oko nie dojrzy. Wprowadzenie maszyn cyfrowych sprawiło, że po stronie maszyn zaczęto odnotowywać przewagi w niektórych konkurencjach intelektualnych. Już wkrótce po pojawieniu się komputerów, czyli przed z górą trzydziestu laty, opublikowano listę cech, którymi były one człowieka na głowę:

- 1 — szybkość wykonywania obliczeń, operacji logicznych i przetwarzania danych,
- 2 — pojemność pamięci,
- 3 — niezawodność działania,
- 4 — stała wydajność pracy (nie męczy się, nie dekoncentruje),
- 5 — zdolność do odbierania i wydawania wielkiej liczby informacji w krótkich odcinkach czasu,
- 6 — umiejętność udzielania natychmiastowych odpowiedzi na rutynowe pytania, możliwość podawania ich od razu w drukowanej postaci.

Rzecz jasna, dla równowagi zamieszczano zwykle wykaz ludzkich przymiotów, będących jeszcze daleko poza zasięgiem ówczesnych komputerów:

- 1 — zdolność do poprawnych reakcji na nieprzewidziane wydarzenia lub wydarzenia o małym prawdopodobieństwie występowania,
- 2 — możliwość rozmaitego podejścia do wykonania określonego zadania (maszyna działa na ogół według jednego programu),
- 3 — umiejętność odbierania różnorodnych informacji zewnętrznych przekazywanych w odmienny sposób,
- 4 — zdolność do syntezy — wyciągania ogólnych wniosków, czasami nawet z fragmentarycznych danych,
- 5 — umiejętność formułowania pytań i wątpliwości, wysuwania hipotez, abstrakcyjnego myślenia oraz tworzenia nowych idei,
- 6 — zdolność określania celów działania i wyboru kryteriów zapewniających ich realizację.

Mimo tych zastrzeżeń (które zresztą zostały później w znacznej części unieważnione lub mocno osłabione) komputery stały się nie lada gratką dla ludzi zafascynowanych potęgą techniki. Autorzy poważnych rozpraw dowodzili, że nie istnieje żaden rodzaj ludzkiego zachowania, którego nie mogłaby wykonać maszyna cyfrowa. A skoro tak jest, to — z teoretycznego punktu widzenia — wygodnie będzie potraktować człowieka jak maszynę. Niektórzy historycy nauki uznali nawet komputery za jeden z siedmiu głównych punktów zwrotnych w dziejach naszej cywilizacji, umieszczając je w następującym towarzystwie:

- 1 — opanowanie wyrobu narzędzi,
- 2 — przyjęcie łowiectwa za podstawowy sposób utrzymania się przy życiu,
- 3 — odkrycie i wykorzystanie ognia,

- 4 — pojawienie się rolnictwa i pasterstwa,
- 5 — rozwój miast i cywilizacji miejskiej,
- 6 — rewolucja przemysłowa w XIX wieku,
- 7 — zbudowanie komputera.

Nie wszyscy, rzecz jasna, uznali komputery za ósmy cud świata. Oprócz zachwytów i pochlebnych opinii, obok przedwczesnego pasowania maszyn cyfrowych na wszechmocne „mózgi elektronowe”, pojawiać się zaczęły zasadnicze wątpliwości. Przede wszystkim doszukano się w nich zagrożenia dla podstawowych wartości humanistycznych. Kierunek całkiem przeciwny do prezentowanego powyżej, ale zrozumiały, bo każda nowinka techniczna miała swoich zwolenników i prześladowców. Jak wiadomo, akcja równa się reakcji. Reakcja po pewnym czasie jednak w naturalny sposób ucicha — dziś już nikt nie tworzy organizacji zwalczających lokomotywy.

Na tej zasadzie uciszają się więc z biegiem czasu głosy przeciwników komputeryzacji. Ich koronny argument, któraś z kolei repetycja obaw czartystów przed maszynami parowymi, czyli teza, że maszyny cyfrowe odbiorą zajęcie tysiącom ludzi (tym razem raczej urzędników niż robotników), został zweryfikowany przez życie. Okazało się, że zastosowanie komputerów doprowadziło do powstania już na początku lat siedemdziesiątych miliona miejsc pracy (a zatem znacznie więcej niż ich poprzednio zredukowano). W ośrodkach obliczeniowych zatrudniono bowiem prawie pół miliona osób zajmujących się przygotowaniem danych dla komputerów (np. dziurkowaniem kart perforowanych), 200 tysięcy programistów, tyleż operatorów maszyn i ponad 100 tysięcy analityków systemów (których zadaniem było tak opisywać pojawiające się problemy, by dały się one ująć w postaci programów, czyli były

zrozumiały przez komputery). Do tego miliona dodać jeszcze należy całą armię naukowców zajmujących się projektowaniem coraz nowszych modeli oraz pracowników przemysłu, który podjął się produkcji maszyn cyfrowych i towarzyszących im urządzeń.

Równie chwytliwym argumentem przeciwników komputeryzacji (a przy tym bardziej przemawiającym do wyobraźni) była wizja zagrożenia, jakie dla całej ludzkości mogą stanowić zbyt rozgarnięte maszyny. Miały one jakoby stać się niebezpieczne dla swoich twórców, a w przyszłości, wykorzystując przewagę nad rozpieszczonymi przez powszechną automatyzację i niezdolnymi do samodzielnego działania ludźmi, dążyć do zapanowania nad światem. Jednak konstruktorzy, dysponujący najlepszą orientacją w możliwościach komputerów, zdecydowanie taką ewentualność wykluczyli. Twórca cybernetyki, Norbert Wiener, już przed wielu laty tak przywoływał do porządku głosicieli owych fantastycznych teorii: „Niektórych ludzi słowo «maszyna» zbija z tropu do tego stopnia, że nie potrafią sobie uzmysłwić, do czego właściwie się te maszyny nadają i co można, a czego nie należy pozostawiać istotom ludzkim. Szansa stworzenia myślących maszyn nie powinna nas przerażać. Jeśli je wykorzystać rozumnie, mogą się okazać bardzo wartościowym narzędziem. Świat przyszłości zawsze będzie bardziej związany ze zmaganiem przeciw ograniczeniom naszego intelektu, niż z wygodnym hamakiem, w którym moglibyśmy się wyciągnąć i dać się obsłużyć przez robota — niewolnika”.

Czy jednak istotnie mamy prawo być pewni, że nawet myśląca, świadoma swojego istnienia maszyna, zdolna do ulepszania siebie samej i budowania innych sobie podobnych maszyn, nigdy nie zbliży się na niezbyt bezpieczny dystans do swojego pierwowzoru — człowieka? Aby nie odpowiadać na takie pytanie bez do-

statecznej wiedzy o aktualiach, prześledźmy w następnych rozdziałach, jak wygląda obecnie relacja maszyna—człowiek. Idąc za radą Wienera zastanówmy się przy okazji, w jakich dziedzinach owe „myślące maszyny” dadzą się „rozumnie wykorzystać”.

Ręka w rękę

Wspomniałem już poprzednio o manipulatorach naśladowujących ruchy ludzkich rąk. Istotnie, ze wszystkich części ludzkiego organizmu kończyny wydają się najłatwiejsze do odtworzenia. Zasady działania rąk i nóg są stosunkowo proste (w porównaniu np. do skomplikowanych reguł operowania naszego mózgu). Oczywiście, gdybyśmy chcieli potraktować rzecz bardzo dokładnie, byłyby kłopoty. Trzeba by bowiem wziąć pod uwagę funkcjonowanie wszystkich mięśni (poruszanych przecież różnymi siłami i kurczących się bądź rozszerzających w rozmaitych zakresach) z dokładnością do poszczególnych włókien, uwzględnić ich powiązania z nerwami, wdać się w powikłane zależności między zachodzącymi tam zjawiskami mechanicznymi, chemicznymi i elektrycznymi. Taka szczegółowa analiza jest jednak konieczna tylko wówczas, gdy chcemy stworzyć biocybernetyczne protezy kończyn, które muszą zgodnie współpracować z resztą ludzkiego ciała.

Do innych celów wystarczy z grubsza naśladować czynności wykonywane przez rękę lub nogę. Umówić się, powiedzmy, że zadowala nas sytuacja, w której taka stalowa łapa będzie wyciągać się i cofać, zginać w łokciu i nadgarstku oraz poruszać palcami. Wtedy na-

leży tylko wyprodukować poszczególne części we właściwie dobranych proporcjach, połączyć je mechanicznymi przegubami, które będą pełniły rolę stawów, i doprowadzić do wszystkich ruchomych elementów napęd zastępujący mięśnie.

Sam pomysł nie jest nowy. Od stuleci znane są przecież przemysłne zabawki, których zadaniem było imitowanie prostych ruchów — manekiny wyobrażające wojowników, baletnice, graczy w szachy, ożywione sprytnie ukrytymi systemami dźwigni, linek i sprężyn. Pod koniec XVIII w. pewien szwajcarski zegarmistrz zbudował np. lalkę — pisarza, który poruszając trzymanym w „ręku” gęsim piórem mógł kreślić na kawałku papieru ciągłe linie. Aparat ten był ponoć na tyle doskonały, że linie układały się w całkiem wyraźne słowa, a nawet całe zdania. Widzów zaś najbardziej zdumiewało, że „pisarz”, aby nie zamazać świeżego tekstu, suszył atrament piaskiem, który następnie strzepywał.

Użyteczne w praktyce manipulatory, przypominające kombinerki na długim uchwycie, pojawiły się wkrótce po ostatniej wojnie. Te szczytce o dwóch palcach, które wykonywały na taśmie produkcyjnej proste operacje w rodzaju: „chwycić, przestaw, puścić”, były już dostępne w latach pięćdziesiątych w normalnej sprzedaży. Urządzenia te były zwykle sterowane za pomocą programowanych pulpików i mogły unieść do 50 kilogramów. To prawda, że ich możliwości manualne były znacznie uboższe niż przeciętnego robotnika, potrafiły one jednak obsługiwać szybkie prasy bez obawy utraty palców na skutek zagapienia lub nie okazując zmęczenia cały dzień dźwigać ciężary — a to już było warte uwagi.

Rękopodobne manipulatory zaczęto więc stosować coraz częściej mimo dość wysokich kosztów ich produkcji. Jednocześnie opracowano konstrukcje doskonalsze, tak że w 1962 roku powstały instrumenty na tyle sprawne, by zasłużyć na nazwę „robotów”. Termin się

przyjął i, podobnie jak „sputnik”, stał się jednym z nielicznych terminów pochodzenia słowiańskiego w światowej literaturze naukowo-technicznej (zaczepnięto go z twórczości Karola Čapka). Przyznajmy jednak, że do dziś nie jest zupełnie jasne, co dokładnie oznacza — istnieje podobno sto czterdzieści kilka definicji robotów.

Jak dotąd opracowano na świecie mniej więcej tyle samo, bo około 160 modeli robotów rozmaitych typów. Pracuje ich obecnie ponad 20 tysięcy egzemplarzy. Według danych statystycznych ponad połowa jest używana do czynności manipulacyjnych, do malowania zaś i spawania (lub zgrzewania) wykorzystuje się do 20 procent. Ich konstrukcje dopuszczają stosowanie różnych napędów: pneumatycznych, hydraulicznych lub elektrycznych. Jest też spora swoboda przy wyborze typu dłoni-chwybaka: do niektórych prac palce niezbyt się przydają, lepsze są na przykład przyssawki, jak u Marsjan wymyślonych przez literaturę fantastyczno-naukową.

Badania nad robotami prowadzi kilka placówek naukowych w naszym kraju, wyprodukowano już nawet parę rodzajów takich urządzeń (własnego pomysłu lub licencyjnych), jak na razie w krótkich seriach. Ma ich być jednak więcej, bo do 1980 roku zapotrzebowanie na sztuczne ręce w przemyśle przekroczyło tysiąc sztuk. Jednym z rdzennie polskich opracowań jest RIMP (Robot Instytutu Mechaniki Precyzyjnej), przeznaczony do zastępowania człowieka w czynnościach podawania, przenoszenia i zdejmowania rozmaitych przedmiotów. Robot ten (fot. I*) waży około 500 kg i jest programowany z pulpitu sterującego (blok sterowania wykonano na cyfrowych układach scalonych).

Twórcom sztucznych kończyn nie zależy na ogół na

* Cyframi rzymskimi oznaczono kolejność fotografii kolorowych, cyframi arabskimi kolejność zdjęć czarno-białych.

tanich efektach. Nie mają ambicji budowania człeko- podobnych robotów — ulubieńców publiczności każdej większej wystawy sprzętu technicznego. Zależy im znacznie bardziej na rezultatach, które przynoszą wymierne korzyści. Mechaniczne ręce, jak dotąd, najbardziej przydają się w zakładach produkcyjnych. Są nad wyraz użyteczne wszędzie tam, gdzie praca jest dla człowieka zbyt ciężka lub monotonna (kilka dużych robotów obsługuje na przykład w FSO całą taśmę, na której spawana jest karoseria „Poloneza”), naraża na szwank jego zdrowie (hutnictwo, chemia, kopalnie) czy też jest niebezpieczna dla życia. Roboty-manipulatory nadają się do wykorzystania na terenach skażonych promieniowaniem (niezwykle ważne z militarnego punktu widzenia), mogą też stanowić załogę statków międzyplanetarnych i zgarniać próbki gruntu po lądowaniu. Mimo że współczesne sztuczne ręce nie zawsze wyglądają jak ich ludzki pierwowzór, to niektóre z nich są już niemal tak samo sprawne. Oto jedno z tych urządzeń demonstruje swoje umiejętności, wykonując (może jeszcze niezbyt wprawnie) obrazek zamówiony przez dzieci (fot. 1).

Znacznie trudniej było postawić maszynę na własnych nogach. Choć pierwszy model sztucznej nogi powstał już w 1941 roku, to doskonalili się one znacznie wolniej niż ręce. Można by na tej podstawie sądzić, że ludzkie nogi nie są tak idealnym środkiem transportu, jak ręce narzędziem manipulacji. Wcale niełatwo naśladować ich ruchy za pomocą mechanicznej konstrukcji i taka maszynowa replika nóg wygląda bardzo nienaturalnie. Metalowe rurki zastępujące uda i łydki wydają się zbyt wiotkie i za długie, stawy kolanowe należałoby zabezpieczyć przed zginaniem się bez potrzeby do tyłu, stopy są za mało elastyczne, a palce do niczego się nie przydają. Całość z trudem utrzymuje równowagę na niewielkiej, ograniczonej wymo-

gami proporcji powierzchni podszew. O ileż łatwiej, zamiast biedzić się nad kopiowaniem ludzkich nóg, zastosować inne, bardziej odpowiednie dla maszyn rodzaje lokomocji, na przykład koła lub gąsienice, które dają im dużo większą swobodę w przenoszeniu się z miejsca na miejsce.

Okazało się jednak, że w niektórych sytuacjach nasze nogi sprawdzają się znacznie lepiej. Weźmy na przykład wchodzenie po schodach — przecież właśnie dla nóg skonstruowanych. Jak dziwnie wygląda urządzenie, które usiłuje sprostać temu, jakże dla nas prostemu zadaniu, pokazuje fot. 2. Trzeba jednak przyznać, że gdzieś powstały już modele protez wierne imitujące działanie ludzkich nóg — jeden z ciekawszych przykładów, zbudowany przez naukowców z tokijskiego uniwersytetu Waseda, widać na fot. 3.

Problemem absorbującym obecnie twórców sztucznych kończyn jest uzyskanie płynnych, a jednocześnie szybkich i dokładnych ruchów. Gwałtowne i kanciaste gesty wielu doświadczalnych robotów przypominały bowiem na początku raczej trening karate niż pożądane połączenie miękkiej elastyczności tancerza z precyzją zegarmistrza. Tym bardziej że każdemu nagłemu „ciosowi”, często wykonywanemu niezgrabnie i na oślep jako kombinacja krótkich ruchów w poziomie i w pionie, towarzyszyło głośnie sapnięcie pneumatycznego układu napędowego, ogromnie przypominające gardłowe okrzyki karateków.

Istnieją jednakże i udane propozycje sterowania robotami. Układ elektronicznego sterowania sztuczną ręką, powstały w Instytucie Medycyny Fizycznej i Rehabilitacji w Nowym Jorku, umożliwia między innymi tak specyficzną operację, jak codzienne golenie maszynką. Najnowszym opracowaniem w tej dziedzinie może się pochwalić japońskie przedsiębiorstwo Imasen Denki, które wyprodukowało pięciopalczystą dłoń, ste-

rowaną impulsami wysyłanymi przez mięśnie zachowanej części ramienia. Całość waży 670 gramów, zatem mniej niż prawdziwa ręka, mimo że jest wyposażona w dodatkowe baterie zasilające oraz silnik elektryczny. Eksperymentalnie potwierdzono jej przydatność w wielu sytuacjach wymagających precyzji i delikatności, jak na przykład picie wody ze szklanki lub prowadzenie samochodu.

Znaczna część współczesnych robotów, które nie mają tak doskonałych systemów sterowania, może być w praktyce dosłownie prowadzona za rękę przez człowieka. Przypuśćmy, że taka sztuczna łapa ma wykonać jakiś powtarzający się, złożony ciąg czynności: sto razy wyjąć próbkę ze stojaka, potrząsnąć nią, obrócić i odstawić na miejsce. Zamiast manewrować pokrętkami na pulpicie sterującym dla uzyskania odpowiedniej sekwencji ruchów (trzeba by na to poświęcić sporo czasu i rozbitych próbek), ujmujemy ręką „rękę” robota i wykonujemy nią po kolei wszystkie potrzebne ruchy. Robot zapamiętuje wszystkie czynności i może je na każde żądanie dokładnie odtworzyć, dając już sobie radę bez niczyjej pomocy w pozostałych 99 przypadkach.

Od dłuższego już czasu podejmowane są starania, by rozszerzyć możliwości sztucznych kończyn przez umożliwienie im wymiany informacji z człowiekiem i z otoczeniem. Nasze ręce i nogi działają między innymi dlatego tak sprawnie, że widzimy, dokąd idziemy, słyszymy wydawane polecenia i możemy obserwować, czy zachowujemy się jak należy. Mechaniczne kończyny sprzężone z kamerą telewizyjną (oczy), układem analizy dźwięku (uszy) i komputerem podejmującym decyzje (mózg) byłyby znacznie bardziej efektywne niż ślepe, głuche i bezwolne szczypce manipulatora.

Takie zestawy, zwane robotami drugiej generacji lub robotami zintegrowanymi, wyszły już poza mury la-

boratorium. Przewodzący w tej dziedzinie Japończycy (którzy zorganizowali specjalną „szkołę robotów”, ale nie dla maszyn, tylko dla ludzi oddelegowanych do współpracy z robotami) przedstawili przed paru laty robota firmy Hitachi wyekwipowanego w minikomputer, dwie kamery telewizyjne i manipulator. Z zestawu klocków robot samodzielnie układał konstrukcje, dokładnie odpowiadające schematowi technologicznemu. Podobny system amerykańskiej firmy Auto Place, złożony z bardzo czulej kamery, układu scalonego i napędzanego sprężonym powietrzem ramienia użyto na próbę do tasowania kart i układania ich według kolorów. Jeśli zdarzało się, że ręka pokazała kamerze złą stronę karty, układ scalony wydawał polecenie, aby ją obróciła.

A oto jeden z klasycznych już dziś wzorów: „widzący robot” Mark, którego pierwsza wersja powstała pod koniec lat sześćdziesiątych na Uniwersytecie Edynburskim. Ręce Marka (para rąk z dłońmi bez palców) były zawieszona na rusztowaniu (fot. 4) i przemieszczały się podobnie jak suwnica pracująca pod sufitem dużej hali fabrycznej. Umieszczona z boku kamera telewizyjna obserwowała znajdującą się pod rusztowaniem platformę. Kamera ta przekazywała informacje o aktualnej sytuacji do komputera ICL-4130, który z kolei sterował pracą rąk. Półtora roku zajęło ułożenie programów komputerowych, dzięki którym Mark mógł identyfikować kształty prostych przedmiotów, oceniać ich twardość oraz manipulować nimi w zadany sposób. Na fot. 4a widać kilka drobnych elementów, które jedna z późniejszych odmian robota otrzymała do analizy i do złożenia w logiczną całość. Po wykonaniu rozpoznania sztuczne ręce, zgodnie z wytycznymi komputera, zabierają się do montażu (fot. 4b) i wkrótce samochodzik jest gotów (fot. 4c).

Z ostatnich doniesień: zbudowano (oczywiście zno-

wu w Japonii) rękę, sterowaną za pośrednictwem zleceń wydawanych normalnym głosem (zapewnia to mikrofon krtaniowy i układ rozpoznawania mowy). Cała ręka waży 2,3 kg, jest bardzo precyzyjna i delikatna (w „opuszki palców” wmontowano czujniki dotykowe). Ma przy tym dużą swobodę ruchów — potrafi wykonać 20 rozmaitych gestów (ręka człowieka zdolna jest do 27 ruchów).

Nie będziemy jednak szerzej rozwijać zagadnień związanych ze wzrokiem i słuchem robotów, bo sztuczne zmysły zostaną szczegółowo omówione w następnych rozdziałach. Mechaniczne kończyny, wyposażone w narządy ułatwiające kontakt ze światem zewnętrznym, przestały już zresztą budzić sensację. Do tej pory powstały na świecie dziesiątki takich urządzeń, a ich opisy znaleźć można nie tylko w fachowych biuletynach.

Szkiełko i oko

Każda żywa istota funkcjonuje prawidłowo tylko wówczas, gdy potrafi w jakiś sposób nawiązać kontakt ze światem zewnętrznym. Informacja odbierana z otoczenia: obrazy, dźwięki, zapachy, wrażenia dotykowe i smakowe — wszystkie zbierane tymi drogami doświadczenia składają się na podstawy naszej wiedzy o życiu. Są one nam konieczne do sprawnego działania, zarówno fizycznego, jak i umysłowego. Ludzie pozbawieni któregoś z podstawowych zmysłów mają nie tylko kłopoty z prawidłowym orientowaniem się w pewnych sytuacjach, ale i z dużo większym wysiłkiem osiągają pełną sprawność intelektualną. O tym zaś, ile zyskuje maszyna dzięki zmysłom, można się było przekonać w poprzednim rozdziale — dodanie „wzroku” lub „słuchu” niepomniernie zwiększało operatywność sztucznych kończyn i umożliwiała wykonywanie przez nie zadań o klasę bardziej złożonych.

Wynalazkiem, który ofiarował maszynom najważniejszy ze zmysłów — wzrok, była komórka fotoelektryczna. Wykorzystano w niej zjawisko fotoprzewodnictwa, to znaczy zmiany własności elektrycznych niektórych materiałów przy różnym ich oświetleniu. Urządzenie to, którego zdolność „widzenia” jest przecież bardzo ograniczona (nadaje się w sam raz do zamyka-

nia drzwi w windzie), budziło kiedyś spore nadzieje jako zwiastun „maszynowego oka”. Tak przynajmniej traktowała je publiczność paryskiej wystawy, na której w 1929 roku zaprezentowano cybernetycznego psa z wbudowanymi fotokomórkami. Inżynier Henri Piraux skonstruował go tak, by poruszał się, gdy do fotokomórek dotrze strumień światła. Rezultat był bardzo efektowny: „pies” przybiegał do pana na sygnał dany latarką.

Pomysł ten był rozwijany później w rozmaitych odmianach: powstawały coraz zmyślniejsze cybernetyczne psy, koty, żółwie i myszy. Wiele z nich reagowało nie tylko na światło, ale i na ciepło. Niektóre miały złożoną budowę; przydały się jako króliki doświadczalne w eksperymentach psychologicznych (np. słynne żółwie Greya Waltera, które, kiedy były „głodne”, toczyły się do kontaktu zasilającego je w energię elektryczną). Jeden z nich oddał nawet „życie” na ołtarzu nauki. Traktując swoje obowiązki zbyt dosłownie, zważony reflektorami nadjeżdżającego samochodu „zginął” pod jego kołami.

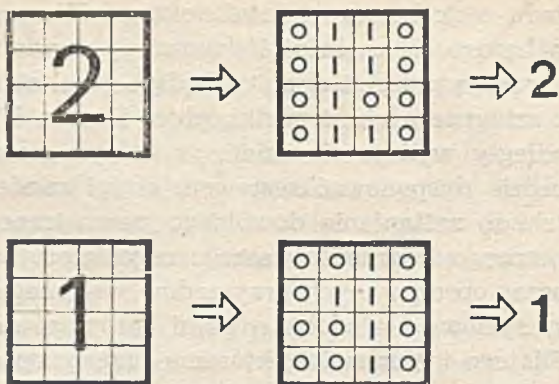
Zdaniem sporej grupy uczonych, najbardziej udanej konstrukcji maszynowych oczu trzeba było poszukiwać naśladując działanie zmysłu wzroku u człowieka. Jednym z przykładów takiego podejścia do sprawy stała się rodzina elektronicznych modeli nerwów wzrokowych, które nazwano perceptronami. Zastosowana w nich kombinacja elementów światłoczułych, połączonych w skomplikowany sposób z elementami decyzyjnymi, tworzyła coś w rodzaju elektronicznej siatkówki. Perceptron mógł dzięki temu rozpoznawać proste kształty, na przykład odróżniać koło od kwadratu.

Rozwiązania takie powstawały w zgodzie z bardziej ogólnym nurtem, zakładającym potrzebę imitowania rozmaitych narządów, i to nie tylko rąk, nóg, organów zmysłów czy nawet całego układu nerwowego, ale tak-

że układu oddechowego i krwionośnego. Kierunek ten zresztą bardzo się zasłużył ludzkości — w wielu szpitalach pracują przecież aparaty, będące rezultatem tych badań: sztuczne nerki, trzustki, płuca i serca. Mimo to dość odległy wydaje się dzień, w którym każda klinika będzie dysponować zestawem części zamiennych, zdolnych do zastąpienia dowolnego, zewnętrznego lub wewnętrznego fragmentu naszego organizmu. Żaden z dotychczas opracowanych przyrządów wspomagających procesy życiowe nie zdołał w pełni dorównać oryginałowi. Dlatego też człowiek, któremu przeszczepia się w miarę potrzeby coraz inne protezy, aż do przekształcenia go w zbiór mechanicznych i elektronicznych podzespołów, jest postacią ze świata czystej fikcji. „Przekładaniec” skompletowany z takich kawałków pozostanie długo jeszcze wyłącznie bohaterem noweli Lema i telewizyjnego filmu Wajdy.

Sztuczne oczy budowane na wzór ludzkich okazały się zbyt złożone i kosztowne, w następnych próbach usiłowano więc rozwijać linię wytyczoną przez pierwsze fotokomórki. Na tej właśnie zasadzie działały czytniki informacji przechowywanych na taśmach i kartach dziurkowanych. Każda litera lub cyfra była zakodowana w postaci kombinacji otworków i miejsc nie przedziurkowanych. Podświetlając je po kolei identyfikowano zakodowane znaki — światło docierało do fotokomórki tylko przez otwory. Ten sposób odczytu, niegdyś powszechnie stosowany do wprowadzania danych do komputerów, jest do dziś jeszcze bardzo popularny.

Urządzenie działające na zasadzie zwykłej fotokomórki może rozpoznawać nie tylko dziurki symbolizujące literę, ale i jej pierwotną postać. Wyobraźmy sobie kwadrat utworzony z 16 fotokomórek po 4 w każdym rzędzie (rys. 1). Pojedyncza fotokomórka reaguje tylko na ten niewielki fragment obszaru, który znaj-



Rys. 1

duje się bezpośrednio pod nią, i sprawdza, czy jest on czarny, czy biały. Ta prosta konstrukcja pozwala na identyfikację każdej z dziesięciu cyfr.

Sztuczne oczy funkcjonujące w podobny sposób są już dziś stosowane w rozmaitych przyrządach pomagających człowiekowi przy selekcjonowaniu wiadomości, w policyjnych kartotekach, rozliczeniach bankowych czy też segregowaniu listów na poczcie. Dają się one jednak wykorzystać tylko w przypadku prostych, wyraźnie zapisanych znaków o jednakowych wymiarach — i to raczej cyfr niż liter. Dlatego właśnie w krajach, w których używa się automatów do odczytywania kodu pocztowego, na kopertach nadrukowane są okienka i tylko tam trzeba wpisywać kod.

Zbudowanie maszyny swobodnie czytającej dowolny tekst nie jest tak łatwe, jak mogłoby to wynikać z rysunku 1. Wymagające rozpoznania znaki miewają przecież różną wielkość, mogą być przesunięte, obrócone lub napisane inną czcionką. To jednak jeszcze nic w porównaniu z pismem odręcznym — rękopisów pewnych osób nie mogą czasem odczytać nawet ich bliscy przyjaciele.

Aby uniknąć pomyłek, należałoby więc odszukać te cechy cyfr i liter, które pozwolą na ich odróżnienie bez żadnych wątpliwości. Po określeniu owych cech w rozpoznawanym znaku „sztuczne oczy” przesyłają wszystkie dane do komputera, który ocenia je, porównuje i wydaje prawidłowy wyrok. Przyjmijmy dla przykładu, że z fotokomórek przychodzi pierwsza informacja: rozpoznawany znak ma okrągły brzuszek. Komputer natychmiast ogranicza poszukiwania do znaków brzuszkowatych, czyli do zbioru: a, ą, b, c, ć, d, e, ę, g, o, p, s, u, ó, ś, 0, 3, 5, 6, 8, 9. Odnaleziono następną cechę: jest pałeczka! Wybór zredukowany został do: b, d, g, p, 6, 9. Wiadomość, że pałeczka jest przeciągnięta w górę, ogranicza poszukiwania do znaków: b, d, 6, a stwierdzenie, że jest ona po prawej stronie, wyjaśnia sprawę. Chodzi o literę „d”.

Na podobnej zasadzie oparto program dla komputera, napisany w Wielkiej Brytanii w 1959 roku i nazwany „Chór demonów”. Komputer otrzymywał informację o obrazie nie z 16 punktów, jak na rysunku 1, lecz z 1024 — czyli pomiaru „czarne czy białe” dokonywano w 32 rzędach i 32 kolumnach. W pamięci maszyny zapisano cechy 10 liter (a, e, i, l, m, n, o, r, s, t). Eksperymentator wypisywał niezbyt starannie którąś z tych liter i przekazywał maszynie do rozpoznania. Komputer porównywał jednocześnie wszystkie cechy identyfikowanego znaku z ich zapamiętanymi wzorcami. Jeśli nie stwierdził pełnej zgodności z cechami jednej z 10 liter (np. „i” z rozciągniętą w pionie kropką mogło uchodzić za niestaranne „l”), następowało głosowanie. Wyglądało to, jakby cechy były sprawdzane przez umieszczone w komputerze demony, które jednocześnie przekazywały swoje opinie demonowi odpowiedzialnemu za podejmowanie decyzji. Trochę to może skomplikowane, ale skuteczne — „Chór demonów” mylił się tylko o 10% częściej niż człowiek.

Współczesne urządzenia do rozpoznawania znaków pisma działają znacznie pewniej. Z drukowanym tekstem nie ma już na ogół żadnych problemów. Tekst złożony dowolną czcionką jest odczytywany błyskawicznie (kilka tysięcy znaków na sekundę). Pismo odręczne sprawia jeszcze nieco kłopotów, ale tu też maszyny osiągnęły biegłość porównywalną z umiejętnościami człowieka. W jednym z ostatnio przeprowadzonych eksperymentów komputer rozpoznał 96% liter z 26-literowego alfabetu, liter pisanych przez rozmaite osoby. Nie najgorzej; jak wykazały badania psychologiczne, przeciętny człowiek w podobnej sytuacji identyfikuje 97% liter.

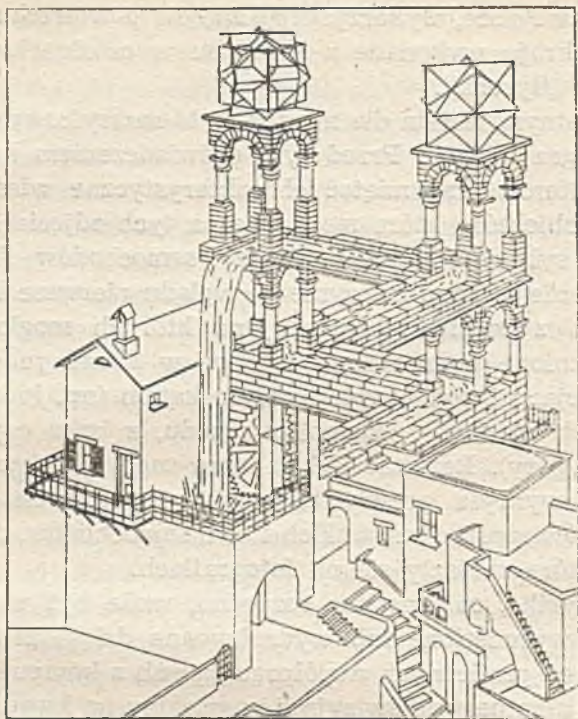
Ręcznie pisane wyrazy można właściwie uznać za dwuwymiarowe rysunki. Maszynową analizę takich obrazów stosuje się od dawna do rozpoznawania obiektów na zdjęciach lotniczych, a obecnie także na zdjęciach satelitarnych. Wśród plam o różnych odcieniach szarości sztuczne oko wylapywało domy, drogi i linie kolejowe, które oglądane gołym okiem ginęły zakrywane przez chmury, cienie i refleksy świetlne. Oko ludzkie potrafi bowiem wyodrębnić do 15 odcieni szarości, komputer zaś 250. Komputerowa analiza obrazów transmitowanych z satelity pozwalała więc odróżnić chmurę od kłębu dymu wydobywającego się z kominą małej fabryczki. Na zdjęciu wyglądają one identycznie, ale światło odbija się od nich nieco inaczej. Podobnie zdjęcie zwartej dżungli, z dużej wysokości robiącej wrażenie jednolitej zielonej plamy — wystarczy kilka minut pracy maszyny cyfrowej i dżungla znika, ukazując ukryte pod drzewami wojskowe ciężarówki. Komputery, pracując jak swoisty filtr optyczny, identyfikowały na zdjęciach nie tylko nowe instalacje militarne, ale służyły do tak pokojowych celów, jak sporządzanie map, określanie stopnia zanieczyszczenia jezior lub wykrywanie ławic ryb. Zajmowano się tym

także w Polsce, wykorzystując zdjęcia powierzchni naszego kraju wykonane z Kosmosu w czasie eksperymentu „Syrena”.

Świetnym testem dla maszyn było rozszyfrowywanie zdjęć gazetowych. Przed tym doświadczeniem kazano komputerowi zapamiętać charakterystyczne własności kilku obiektów, które mogły się na tych zdjęciach pojawić: sylwetek ludzkich, twarzy, samochodów, drzew. Następnie dawano maszynie do wglądu pierwsze lepsze zdjęcia z codziennej gazety, na których mogło być uwiecznione w zasadzie wszystko, w dowolnych konfiguracjach i pod przypadkowym kątem (np. ludzie w różnych ujęciach, widziani z przodu, z boku czy nawet z góry). Rezultat był całkiem zadowalający: maszyna wykryła prawie trzy czwarte znanych sobie obiektów spośród wszystkich ludzi, samochodów, drzew itd., które znalazły się na fotografiach.

Wszystko, co maszyna rozpozna, może być natychmiast wyświetlone lub wydrukowane dzięki biegłości urządzeń graficznych współpracujących z komputerem. Obraz z kamery telewizyjnej podzielony na kwadraciki o różnym natężeniu szarości może być od razu reprodukowany. Wykorzystali to jarmarczni biznesmeni, organizując w miejscach turystycznie atrakcyjnych stoiska, gdzie każdy może mieć bez czekania własny portret na bawełnianej koszulce albo na ściennym kalendarzu. Kanciaste zarysy reprodukcji na ogół nie zniechęcają nabywców, a nawet dodają oryginalności wizerunkowi: „Tak mnie widzi komputer”.

Graficzne talenty komputerów są jednak znacznie większe — mogą one odtworzyć praktycznie każdy obraz (fot. 5) z zachowaniem wszystkich szczegółów. Za przykład posłużyć może choćby to, dokonane przez Varian Graphics States 4122, wierne odwzorowanie znanej konstrukcji użytej przez słynnego Mauritsa Cornelisa Eschera w jego litografii „Wodospad” (rys. 2).



Rys. 2

Niewielka dygresja: zmarły w 1972 roku Escher to ulubiony twórca matematyków i komputerologów. W paradoksach, podwójnych znaczeniach, transformacjach i fałszywych planach, od których roją się grafiki holenderskiego mistrza, odnajdują oni wiele ukrytych myśli i intelektualnych inspiracji (co nie znaczy, że „Wodospad” można traktować jako propozycję rozwiązania kryzysu energetycznego).

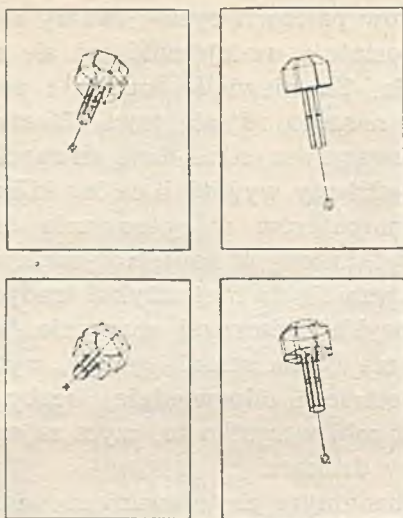
Rozpoznawanie obrazów przez maszynę okazało się przydatne w wielu, czasem bardzo od siebie odległych dziedzinach. Jedną z nich stała się kryminalistyka, w której umiejętność ta jest wykorzystywana do identy-

fikacji odcisków palców i rysów twarzy osób poszukiwanych. Ta ostatnia umiejętność też się zresztą skomercjalizowała. Za niewielką opłatę i po wręczeniu komputerowi naszego zdjęcia tzw. „Maszyna Wieku” przeanalizowawszy wszystkie dane antropologiczne pokazuje, jak będziemy wyglądali za lat kilkadziesiąt.

Biegłość komputerów w operowaniu drukowanym tekstem spożytkowano w zautomatyzowanej drukarni (fot. 6). Dostarcza się do niej artykuł tradycyjnie przepisany na zwykłej biurowej maszynie, a komputer sam rozmieszcza go na stronie gazety, wybiera rodzaj czcionki, przestrzega odpowiedniej liczby znaków w wierszu, czyli robi wszystko to, czym zajmuje się wykwalifikowany drukarz.

Innym niebanalnym zastosowaniem widzących maszyn jest tworzenie filmów animowanych. Kierunek ten narodził się z zadań, w których nakazywano maszynie rozwijanie jakiejś sytuacji graficznej. Prezentowało się jej, powiedzmy, rysunek człowieka siedzącego za kierownicą samochodu i żądało modyfikacji rysunku dla kolejnych faz wypadku drogowego. Chodziło bowiem o najbezpieczniejsze zaprojektowanie wnętrza, bez rozbijania prawdziwych wozów, narażania ludzi lub niszczenia manekinów. Maszyna badała szkic wyjściowy, liczyła rozkłady sił i odpowiadających im przesunięć, a następnie wykonywała rysunki ilustrujące poszczególne etapy katastrofy zależnie od prędkości samochodu przy zderzeniu bocznym, czołowym lub pchnięciu od tyłu. Powstająca w ten sposób seria szkiców stawała się jakby sekwencją krótkiej kreskówki.

Filmiki rysunkowe powstałe przy współpracy komputerów miały z początku demonstrować zjawiska, które dawały się ująć w postaci równań matematycznych — takie jak lądowanie pojazdu kosmicznego na obcej planecie albo zderzanie się atomów. Dostarczały one bardzo pouczających modeli rzeczywistych situa-



Rys. 3

cji — wszystkie procesy, które z trudem można było sobie wyobrazić, ukazywały się jak na dłoni. Jest to znakomity półprodukt dla krótkometrażówek popularnonaukowych, wyjaśniających schematy funkcjonowania złożonych mechanizmów, zasady balistyki, obroty dowolnych brył (rys. 3) czy zmiany zachodzące w strukturze materiałów.

Ciekawym zastosowaniem praktycznym mogą się poszczycić badacze z wydziału architektury Massachusetts Institute of Technology. Sfilmowali oni miasto Aspen w stanie Kolorado, robiąc kilkakrotne ujęcia wszystkich ulic z jadącego samochodu oraz panoramiczne zdjęcia z powietrza pod różnymi kątami. Materiał ten wprowadzono do komputera wraz z planami dzielnic, kwartałów, a nawet poszczególnych domów. W rezultacie w pamięci maszyny znalazła się kompletna informacja o wyglądzie miasta. Na monitorze kontrolnym można teraz uzyskać każdy rodzaj mapy w dowolnej

skali i przekroju, ruchomy obraz ulic w postaci rysunków lub kolorowych filmów. Jeśli chcemy otrzymać więcej danych, na przykład o restauracji, do której się wybieramy, wskazujemy palcem to miejsce na monitorze, gdzie znajduje się poszukiwany budynek. Wówczas na dużym ekranie pojawia się fronton restauracji (fot. III), następne dotknięcie palcem — i widzimy szkic wnętrza, uwzględniający rozstawienie stolików. Jeszcze jedno dotknięcie i na ekranie możemy odczytać pełną kartę dań.

Pionier komputerowanej animacji, John Whitney; zajmował się filmem rysunkowym jeszcze przed II wojną światową. Na początku lat pięćdziesiątych zaczął on myśleć o zbudowaniu maszyny, która mogłaby sama zmieniać rysunki filmowane następnie przez kamerę. „Podjąłem eksperymenty ze sprzętem z wojennego demobilu — mówi Whitney — można go było dostać za małe pieniądze w wielu kalifornijskich sklepach, prowadzących wyprzedaż militariów. Niektóre z tych urządzeń, na przykład analogowe przeliczniki używane do rozwiązywania problemów balistycznych i sterowania celownikami artyleryjskimi, były w gruncie rzeczy prekursorami współczesnych komputerów. Za paręset dolarów kupiłem cały zestaw w oryginalnych, nie odpakowanych jeszcze skrzyniach. Uzyskałem w ten sposób system, pozwalający na automatyczne sterowanie obrazem animowanym w synchronizacji z kamerą. Wykorzystałem go przy realizowaniu wielu zamówień, czołówek filmowych (m. in. do jednego z filmów Hitchcocka) i reklam telewizyjnych”.

Whitney wykłada na wydziale sztuki Uniwersytetu Kalifornijskiego w Los Angeles, a filmy wykonuje w domu. Skompletował sobie system oparty na komputerze PDP 11, który ma takie same możliwości graficzne, jak dźwiękowe. Obraz rejestrowany na taśmie filmowej odpowiada więc dokładnie muzyce zapisywanej na

taśmie magnetycznej. I jedno, i drugie może być później równocześnie odtwarzane.

Animowanie filmów fabularnych wymaga naturalnie bardziej złożonego programu — rysunek, który maszyna powinna w tym wypadku ożywić, jest zwykle dość skomplikowany. Oto przykład wzięty z praktyki: chłopek wspinający się na słup (rys. 4). Trzeba go podzielić na obszary i określić, jak będą się one zmieniać w czasie wchodzenia. Na początku jest trochę pracy, ale potem mamy spokój (aż do końca słupa).



Rys. 4

Chłopek wspinający się na słup (rys. 4). Trzeba go podzielić na obszary i określić, jak będą się one zmieniać w czasie wchodzenia. Na początku jest trochę pracy, ale potem mamy spokój (aż do końca słupa). Bez pomocy maszyny rysownik musiałby oczywiście odwzorowywać ręcznie kolejne fazy ruchu. Obraz wyjściowy zadaje się maszynie, zapisując jego parametry na kartach dziurkowanych. Ale można też ułatwić sobie pracę i narysować go piórem świetlnym na ekranie monitora wraz z

sugestiami dla maszyny, w jaki sposób należy go rozwijać, aby dojść do pożądanego obrazka końcowego. Wynik komputerowej animacji może być rysowany kadr po kadrze przez wyjściowe urządzenie kreślarskie albo jako ruchomy obraz wyświetlany na monitorze ekranowym (fot. II i 7), a stamtąd bezpośrednio rejestrowany przez kamerę filmową. A oto kilka kadrów z takiego filmu, sfotografowanych wprost z ekranu monitora (fot. 8).

Maszyny do tworzenia filmów rysunkowych sprawdziły się tak dalece, że według ostatnich ocen co najmniej jedna dziesiąta powstających na świecie kreskówek jest wykonywana w ten sposób; zaczęto nawet organizować pierwsze festiwale filmów komputerowych. W laboratoriach badawczych powstają coraz nowe sy-



Rys. 5

stemy animacyjne. Jeden ze starszych, oparty na maszynie cyfrowej PDP-8, jest już dziś tak klasyczny, że stanowi eksponat w londyńskim muzeum nauki. Demonstracja trwa około pół godziny. Na sporym, umieszczonym w ciemnym pomieszczeniu ekranie pojawia się najpierw napis: „Antics — system, który produkuje filmy animowane w krótkim czasie. Dostarczony rysunek jest przetwarzany na postać cyfrową i wprowadzany do maszyny. Antics łączy te informacje z instrukcjami dotyczącymi ruchu i koloru. Efektem jest cyfrowy zapis ciągu obrazów rejestrowany na taśmie magnetycznej, który trafia do urządzenia wytwarzającego negatywy filmowe”. Ekran zapełnia się następnie czerwonymi sześcianami. Jeden z nich zbliża się i, obracając, ukazuje rozmieszczone na bokach poruszające się zegary, twarze o zmieniających się wyrazach. Coraz więcej przemieszczających się we wszystkich kierunkach postaci, wirujących taśm, kwiatów, motyli. Wszystko to jest niesłychanie kolorowe, ogromnie dynamiczne, przeładowane zmiennymi detalami. Nie sposób nadażyć za akcją i chciałoby się zostać na następny seans. Chętnych do oglądania jest jednakże zbyt wielu i organizatorzy pokazu, zdając sobie sprawę z jego atrakcyjności, usunęli z pomieszczenia krzesła.

Gdy zając z animowanego rysunku mija żółwia, wyprzedzając go z „naszej” strony, to tych kilka klatek filmowych sugeruje istnienie perspektywy. Trójwymiarowe obrazy z prawdziwego zdarzenia są jednak znacznie bardziej kłopotliwe do rozpoznania i wytworzenia. Człowiek zwykle bez namysłu odróżnia przedmioty dalsze od bliższych, choć, jak twierdzą kierowcy, czasami ta pewność go zawodzi. Ludzie, którym jest to potrzebne z racji zawodu — piloci lub artylerzyści — muszą stracić nieco czasu, zanim nauczą się szybko i dokładnie oceniać odległość. Maszyna zaś, aby temu sprostać, musi mieć dodatkowe środki umożliwiające

orientację w przestrzeni. System, który potrafi zidentyfikować osobno postać ludzką i samochód na dwuwymiarowym zdjęciu, ma spore trudności przy dokonywaniu tego samego w naturze. Nieobojętne mu jest zwłaszcza wzajemne położenie obu obiektów: czy człowieka ustawimy za czy przed samochodem (lub, co gorsze, każemy mu wsiąść do środka).

Otrzaskanie się z takimi sytuacjami, czyli poprawne wykonywanie tzw. analizy sceny, jest niezbędne dla wszystkich maszyn, które muszą funkcjonować w rzeczywistych warunkach, a zatem właśnie w trzech wymiarach. Zadanie, zlecone jednemu z pierwszych użytych w praktyce inteligentnych robotów, brzmiało: rozpoznać kształty dostarczanych do magazynu skrzyń i ustawiać je tak, żeby zajmowały jak najmniej miejsca i żeby przy tym można je było bez trudności wyciągać. Robot musiał wykazać się dużą samodzielnością i pełną orientacją w przestrzeni, bo przewidziano go do pracy w przyfrontowych składach wojskowych, gdzie z racji niebezpieczeństwa promieniowania nie powinno być ludzi.

Wśród komputerowych programów, umożliwiających maszynie operowanie trójwymiarowymi przedmiotami, wyróżnił się ostatnio program napisany w Massachusetts Institute of Technology. Zarządza on pracą robota przedstawiającego kilka różnokolorowych klocków: sześciątów i piramid. Przytoczmy tu fragment tego eksperymentu.

Człowiek wydaje polecenie:

— Ustaw czerwony sześciąt albo czerwoną piramidkę na jakimś sześciacie.

Maszyna ustawia czerwoną piramidkę na zielonym sześciacie i odpowiada:

W PORZĄDKU.

Człowiek sprawdza, czy rozkaz został właściwie wykonany:

— Jakie sześciany leżą na stole?

DUŻY ZIELONY, NA KTÓRYM LEŻY CZERWONA PIRAMIDKA, ORAZ DUŻY NIEBIESKI I MAŁY CZERWONY.

— Czy oprócz piramidki widzisz jakieś klocki o dużych wymiarach?

— TAK, SĄ DWA TAKIE KLOCKI — DUŻY ZIELONY SZEŚCIAN I DUŻY NIEBIESKI.

— Połóż jakiś mały klocek na zielony sześcian. W PORZĄDKU.

— Jakie klocki leżą na zielonym sześcianie?

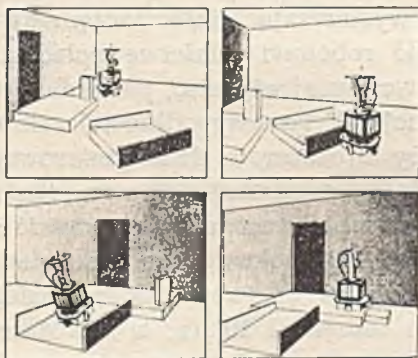
CZERWONA PIRAMIDKA I CZERWONY SZEŚCIAN.

Jak pamiętamy z drugiego rozdziału, roboty dokonujące przestrzennych operacji orientowały się w sytuacji dzięki temu, że były wyposażone w kamery telewizyjne. Jest to do tej pory jedno z najdoskonalszych urządzeń naśladowujących ludzki wzrok. Pozwala ono nie tylko na w miarę wierną rejestrację otoczenia, ale też (w przeciwieństwie do aparatu fotograficznego lub kamery filmowej) może dostarczać informacji o tym, co się dzieje w danej chwili, czyli nadaje się do bezpośredniego połączenia z pracującą maszyną.

Kamera telewizyjna zamienia ruchomy obraz na impulsy elektryczne, czyli dokonuje tzw. analizy obrazu. Analiza ta polega jedynie na ocenie jasności poszczególnych punktów — cały obraz dzielony jest na ponad 520 tysięcy punktów (większość krajów europejskich stosuje systemy o 625 poziomych liniach po 833 punkty w linii). Do uzyskania wrażenia płynnego ruchu wystarcza, ze względu na bezwładność oka, rejestrowanie zmian obrazu co 1/25 sekundy. Znaczy to, że 25 razy na sekundę sprawdzany jest każdy z 520 tysięcy punktów obrazu, a impulsy określające ich jas-

ność przesyła się kablem lub drogą powietrzną do odbiornika. W przypadku kamery telewizji kolorowej rzecz się jeszcze bardziej komplikuje, bo oprócz informacji o jasności punktów trzeba też uwzględnić ich barwę (jedną z trzech podstawowych: czerwoną, zieloną lub niebieską).

Jak zmyślnie maszyna może posługiwać się telewizyjnym okiem, dowodzi robot Shakey, skonstruowany w Stanford Research Institute. Z wyglądu nie przypomina on człowieka — podobny jest raczej do niewielkiej latarni morskiej na kółkach. Zamiast rąk ma



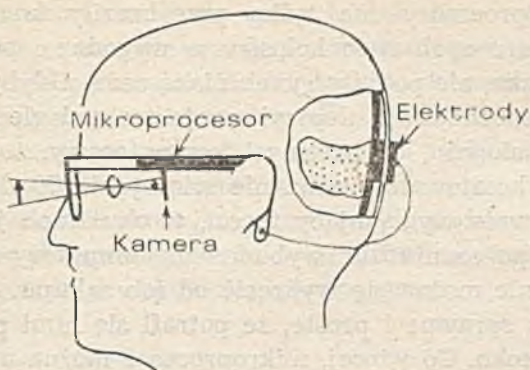
Rys. 6

listwę odbojową, a ponadto własny napęd, urządzenie do bezpośredniej łączności z komputerem i kamerę telewizyjną. Shakeya umieszczono kiedyś w zamkniętym pomieszczeniu, w którym znajdowała się pochylnia i skrzynia, stojąca na pozbawionym wjazdu podście (rys. 6). Zadanie brzmiało: spowodować, aby skrzynka znalazła się na podłodze. Kamera telewizyjna umieszczona na czubku Shakeya rozejrzała się wokoło i przesyłała obraz do komputera SDS 940. Maszyna cyfrowa rozpoznała znajdujące się w polu widzenia kształty — podest, skrzynkę, pochylnię — i zaczęła

się zastanawiać, jak je wykorzystać do rozwiązania problemu. Na rezultat nie trzeba było długo czekać. Shakey otrzymał drogą radiową polecenie: start, dopchnąć pochylnię do podestu, wjechać po pochylni na podest, zbliżyć się do skrzynki, zrzucić skrzynkę na podłogę, stop.

Cyklopie oko kamery telewizyjnej nie zawsze jednak potrafi sprostać subtelnościom kryjącym się w trzecim wymiarze. Przypatruje się ono dajmy na to filizance, do której robot ma nalać herbaty (fot. 9a) i wysyła oglądany obraz do komputera, który przetwarza go na postać cyfrową (fot. 9b). Taki płaski zapis nie zawsze daje jednak wystarczającą informację. Aby na jej podstawie wydać robotowi właściwe polecenie, maszyna często musi wcześniej wiedzieć, jak zachować się w podobnej sytuacji. W tym wypadku należałoby ją uprzedzić, w który z obszarów dwuwymiarowego rysunku trzeba zwykle kierować strumień z czajniczka. Na uparte go komputer może samodzielnie wyłowić z telewizyjnego kadru elementy określające przestrzenne kształty obrazu. Zmusza go to jednak do niemałego wysiłku, co widać na fotografii 10, (a, b, c). Maszyna usiłuje wychwycić zarys postaci, jej przypuszczalne zaokrąglenia, zmarszczki i inne przesłanki, mogące przydać się do odtworzenia trójwymiarowego wizerunku człowieka.

Te wszystkie niewątpliwe osiągnięcia nie upoważniają jeszcze, by z czystym sumieniem stwierdzić, że zbudowano już przyrząd w pełni zasługujący na nazwę „sztuczne oko”. Niewykluczone, iż bliscy tego celu są naukowcy, którzy starają się opracować urządzenia umożliwiające niewidomym odbieranie wrażeń wzrokowych. Ciekawą elektroniczną protezę oka opracowano na przykład na uniwersytecie w Utah. Składa się ona z bardzo małej kamery telewizyjnej umieszczonej w oczodole człowieka i przekazującej sygnały do mózgu.



Rys. 7

Dokładniej mówiąc, 10 tysięcy sygnałów, odpowiadających jednemu obrazowi, przetwarzanych jest przez mikroprocesor (wyostwienie zarysów, pogłębienie kontrastów, korekta jasności i odwzorowanie perspektywy). Impulsy z mikroprocesora doprowadzane są elektrodami do pola prążkowanego mózgu (rys. 7). W ten sposób właśnie udało się wytworzyć u 33-letniego niewidomego pacjenta odczucie zbliżone do spostrzegania ustawionych przed jego twarzą przedmiotów.

Przy okazji (im wcześniej, tym lepiej) parę słów o mikroprocesorach. W 1959 roku dwie amerykańskie firmy Texas Instruments i Fairchild Semiconductor wyprodukowały układy scalone — kostki z materiału półprzewodnikowego zawierające kilka kompletnych obwodów elektronicznych (obwody takie były do tej pory tworzone z lamp lub tranzystorów). Doskonałe ciągle układy scalone zaczęły wykonywać to, do czego angażowano dotychczas setki i tysiące tranzystorów. Dziś w malusieńkiej kostce udaje się upchnąć wszystko, co przedtem lokowano w paru szafach centralnej części (tzw. procesorze) pierwszych komputerów — stąd nazwa mikroprocesor.

Mikroprocesory nie tylko przeobraziły komputery z opancerzonych stałą kolosów w wygodne i poręczne pudełeczka, ale podbiły rynek niską ceną. Gdyby przemysł samochodowy ulepszył swoje technologie w tym samym stopniu, co przemysł komputerowy, to Rolls-Royce kosztowałby teraz nie więcej niż 70 dolarów. Ci zabawnie wyglądający faceci, w okularach jak dno butelki po oranżadzie, wybudowali komputery tak tanie, że nie można się wykręcić od ich zakupu, a zarazem tak sprawne i proste, że potrafi się nimi posługiwać dziecko. Co więcej, mikroprocesor można umieścić wszędzie i zainstalować go nie tylko w samolocie i w łapach robota, ale też w piecyku kuchennym, windzie, samochodzie czy telewizorze. Wszędzie oferować on nam będzie swój logiczny potencjał, równy niemal możliwościom „dorosłych” komputerów.

Wracając do głównego wątku — urządzeń zastępujących nasze zmysły — dodajmy, że istnieją również urządzenia przetwarzające obraz na wrażenia dotykowe. Obraz z kamery zamieniany jest wówczas na impulsy, sterujące ruchem plastikowych szpileczek lub magnesików. Pobudzane są one tak, aby naciskając skórę tworzyły zarys zgodny z obserwowanym kształtem. Z ostatniej chwili: zbudowano aparat wywołujący w mózgu niewidomego złudzenie, że rozróżnia on kolory.

Wszystkie te przyrządy nie wytrzymują na razie konkurencji z ludzkimi oczami. Przypomnijmy jednak, że zamiast krytykować niedoskonałość ludzkiego wzroku, można z równym powodzeniem dowodzić rzeczy zupełnie przeciwnej. Zależy to wyłącznie od argumentów, jakie weźmie się pod uwagę. W każdej chwili potrafimy wymienić długą listę urządzeń, bez wątpienia znacznie sprawniejszych od naszych oczu. Lornetka, mikroskop, obiektyw szerokokątny, teleskop — to pierwsze z brzegu przykłady maszynowych przewag.

Są też takie, które nie tylko wielokrotnie wzmacniają możliwości oka, ale też dysponują walorami, jakich ono nigdy nie posiada. Choćby taki noktowizor — przyrząd powstały przed z górą półwiekiem, który pozwala na widzenie w kompletnej ciemności i od dawna znajduje się na wyposażeniu każdej szanującej się armii. Noktowizor, wykorzystując promienie podczerwone, zapewnia obserwację terenu w promieniu nawet do kilku kilometrów, a więc lepiej niż oczy sowy.

IV

Pryśły zmysły

„Największy tenor naszego wieku zmartwychwstał!” — tymi słowami powitali krytycy nową płytę Carusa, która pojawiła się niedawno na rynku muzycznym. To nie pomyłka — płyta zmarłego przed wieloma laty śpiewaka była rzeczywiście świeżo nagrana, ale głównym autorem sukcesu stał się tym razem komputer. Maszyna cyfrowa przetworzyła archiwalne nagrania na postać cyfrową, przeanalizowała dźwięk po dźwięku usuwając narosłe przez lata zgrzyty i trzaski, a następnie zarejestrowała wszystko powtórnie. Mało tego — komputer wyeliminował zakłócenia wynikające z marnej jakości ówczesnego studia nagrań. Usunął na przykład rezonans tuby nagrywającej, który daje o sobie znać na każdej starej płycie. „Niemożliwe jest wierniejsze nagranie — zachwycali się pamiętający mistrza melomani. — Caruso dzięki pomocy komputera odzyskał swą jasność, dźwięczność i ciepło”.

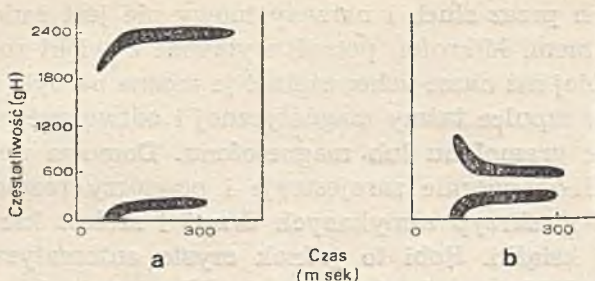
Wieki całe wynalazcy usiłowali stworzyć maszynę, która sama potrafiłaby mówić. Badania te były hojnie finansowane — urządzenie takie bardzo by się przecież przydało. Mechanizm sławiący pełnym głosem imię boga lub wznoszący okrzyki na cześć władcy robiłby na nie obeznanych z techniką tłumach piorunujące wrażenie. Dla dzisiejszej elektroniki odtworzenie funkcji speł-

nianych przez słuch i narządy mowy nie jest żadnym problemem. Mikrofon potrafi wyławić dźwięki znacznie lepiej niż nasze ucho; zapisać je można na byle płycie czy szpulce taśmy magnetycznej i odtworzyć przez głośnik gramofonu lub magnetofonu. Domowa aparatura Hi-Fi wiernie zarejestruje i powtórzy rozmowę, piosenkę, skrzyp zamykanych drzwi i szelest kartkowanej książki. Robi to jednak czysto automatycznie, nie wnikając w istotę sprawy. Nie stara się tych dźwięków zidentyfikować ani stworzyć własnych. Człowiek zaś odwrotnie: uczestnicząc w ciekawej dyskusji (choćby jej części nie dosłyszał lub nie zapamiętał) zawsze będzie miał przynajmniej ogólne pojęcie o temacie i potrafi o tym opowiedzieć własnymi słowami.

Rozpoznawanie ludzkiej mowy okazało się nadzwyczaj użyteczne. Zbudowanie urządzeń reagujących na głos daje ogromne korzyści w dziesiątkach zautomatyzowanych systemów, którymi człowiek zaczął komenderować jak prawdziwymi podwładnymi. Sejfy otwierające się na hasło wypowiedane przez właściciela, samochody uruchamiające silnik po słowie „start”, a także typowe sytuacje codziennego życia załatwiane od tej pory krótkim rozkazem: „zamknąć drzwi”, „zapalić światło”.

Pierwszy krok w tym kierunku uczyniła opracowana w latach pięćdziesiątych maszyna, która ożywiła się jedynie wówczas, gdy ktoś w pobliżu wypowiedział słowo „arbuz”. Można było godzinami przemawiać do mikrofonu wmontowanego w przednią ścianę skrzynki i nic się nie działo. Dopiero wtrącony nawet od niechcienia i niezbyt wyraźnie „arbuz” powodował zapalenie się czerwonej lampki.

Na początku następnej dekady powstał system komputerowy, który potrafił rozpoznać cyfry od zera do dziewięciu wypowiedane po angielsku w dowolnej ko-



Rys. 8

lejsności, z różną szybkością, jakim się chciało akcentem i przez osoby przypadkowe. Konstruktorzy uciekli się tu jednak do pewnego wybiegu. Zamiast studiować sam głos, badali jego postać graficzną — istniała już przecież aparatura, rejestrująca dźwięk na papierze. Na rys. 8 widać takie właśnie spektrogramy, odpowiadające sylabom „di” i „da”. Tak więc rozpoznawanie wypowiedzianych przez człowieka słów zostało sprowadzone do znanej nam z poprzedniego rozdziału identyfikacji obrazów: komputer IBM 709 przechowywał w pamięci graficzne wzorce wszystkich cyfr i porównywał je z wykresem otrzymywanym po analizie słowa dochodzącego z mikrofonu.

To właściwie powinno nas zadowolić — jeśli każdy dźwięk udaje się przedstawić w postaci cyfrowej i skoro maszyna daje sobie radę z ich rozpoznaniem, to wydawałoby się, że sprawa załatwiona. Jednakże pośrednictwo cyfr w rozmowach z maszyną nie każdemu odpowiada. Próbuje się więc wszystkiego, co się da, między innymi również laserów, ponieważ w świetle laserowym dźwięk staje się jak gdyby widzialny.

Maszyn do rozpoznawania dźwięków nie spotyka się jeszcze w praktyce zbyt często. Istnieją jednak systemy zdolne do identyfikowania po kilka tysięcy słów potocznego języka, ale wymagają one ogromnych pa-

mięci do przechowywania wzorów tych słów. A przecież mówiony język to nie tylko pojedyncze słowa, lecz także ich przeróżne kombinacje, które, zależnie od kontekstu, mogą mieć całkiem inny sens; to także zdania budowane według określonych reguł. Warto przytoczyć przy tej okazji historię komputera, który natknąwszy się na zdanie: „Przelatując nad Nowym Jorkiem widziałem Statuę Wolności”, upierał się, że to właśnie Statua Wolności latała nad Nowym Jorkiem (gramatyka angielska dopuszcza taką dwuznaczność).

Jeden z bardziej udanych systemów rozpoznawania mowy zbudowano na amerykańskim uniwersytecie Carnegie-Mellon, wykorzystując do tego dwa komputery PDP-10. Przebadano ów system za pomocą 144 zdań złożonych z 676 słów wypowiedzianych przez pięć osób. Wynik: 89 procent poprawnych identyfikacji, na rozpoznanie jednego zdania trzeba było czekać od 5 do 10 sekund. Podobne eksperymenty przyczyniły się do wprowadzenia do wolnej sprzedaży w 1974 roku pierwszego modelu komputera, który wykonywał rozkazy podawane ustnie. Mimo tych niewątpliwych osiągnięć ciągle brakuje nam prawdziwie przydatnych w życiu codziennym urządzeń rozpoznawania mowy, choćby takich, które mogłyby od razu drukować dyktowany tekst i uwolniłyby mnie od przepisywania na maszynie tego rozdziału *.

Maszynę mówiącą jest znacznie łatwiej zbudować niż sztuczne ucho. Nie trzeba w tym celu mnożyć układów naśladowujących działanie ust, krtani czy strun głosowych (fot. 17). Do wytworzenia dźwięku wystarczy zwykły głośnik, samą zaś mowę można nagrać na taśmie i tylko odtwarzać we właściwej kolejności oraz w odpowiednim momencie. Na tej zasadzie funkcyjono-

* Już po opisaniu tego faktu dowiedziałem się, że w kwietniu 1980 r. naukowcy z IBM ujawnili, iż mają nareszcie komputer, który z 91-procentową dokładnością zamienia każdy mówiony tekst na pisany.

wwały roboty witające gości na przeróżnych wystawach i targach przemysłowych. Robot kłaniał się sztywno, po czym puszczał taśmę z konwencjonalnym przemówieniem, które było nagrane umyślnie z metalicznym pogłosem i rozciąganiem sylab, aby sprawić wrażenie głosu maszynowego. Chwila przerwy i taśma ruszała znowu z następną porcją tekstu. Gdy się ją sprytnie przygotowało, na przykład wtrącając kwestię: „Jak słyszę, jesteście państwo zdziwieni...”, można było uzyskać wrażenie, że człekopodobny stwór znakomicie zdaje sobie sprawę z tego, co się dzieje dookoła.

Oczywiście, mistyfikacja taka szybko wychodziła na jaw. Dość, by zmieniała się sytuacja, na którą przewidziane było nagranie. Powiedzmy, zaczął padać deszcz i na targi nikt nie przyszedł. Robot kompromitował się wówczas, kłaniając się pustej sali i wmawając zdziwienie ludziom, których nie było. Wybrnięto z kłopotu wyposażając maszyny w kilka różnych tekstów oraz układ rozpoznawania warunków zewnętrznych. Mogły one same określić rodzaj wymagań i dobrać do nich stosowne nagranie — tak jak „polityk”, który ma w każdej kieszeni inny wariant swego wystąpienia i wyciąga najbardziej odpowiedni do okoliczności.

Właśnie taka idea grającej szafy, wybierającej na żądanie płytę z ulubioną melodią, przyświecała komputerowym systemom informacji telefonicznej. Zdały one egzamin między innymi w dużych hurtowniach. Gdy wykręcano numer magazynu, w słuchawce odzywał się nagrany na taśmę głos: „Dzień dobry. Tu automatyczny informator składu obuwia. Czy interesują pana buty męskie, czy damskie?” W tym momencie włączał się układ rozpoznawania mowy — opierając się na otrzymanej od niego informacji maszyna odgrywała następnie właściwy wariant: „Cieszę się, że chodzi panu o męskie, bo mamy właśnie szeroki wybór. Mogą być wyjściowe, do chodzenia na co dzień, sportowe i kap-

cie. Proszę sobie wybrać... Z codziennego obuwia dysponujemy skórzanymi, płóciennymi i welurowymi... Skórzane są czarne i brązowe... Zaraz przeczytam panu listę brązowych, podam fasony i numery”...

Właściwe reagowanie na zmieniające się wymagania zmuszało maszynę do stosowania coraz bardziej urozmaiconych wypowiedzi. W niektórych systemach zrezygnowano więc z nagrywania całych zdań, natomiast zapisywano na taśmach zbiory słów i uczono maszynę, jak należy je zestawiać, by powstało logicznie brzmiące exposé. Przy takim rozwiązaniu trudniej jest sformułować poprawne wypowiedzi, łatwiej je za to dopasować do konkretnej sytuacji. Koncepcja owa sprawdziła się w praktyce, gdyż wyprodukowano już urządzenia do mówienia, które pamiętają po tysiąc słów i są bardzo użyteczne dla niemych. Jedno z najmniejszych powstało niedawno w fińskim ośrodku badawczym w Tampere. Ma ono wymiary kieszonkowej minikalkulatorka (plus torba z głośnikiem na ramię). Skoro już jesteśmy przy tym temacie, w naszym kraju jedna z terenowych spółdzielni inwalidów podjęła się produkcji elektronicznej protezy krtani. Lekki (220 gramów) aparat w kształcie walca opracowany na Politechnice Szczecińskiej ma służyć osobom, którym operacyjnie trzeba było usunąć krtani. Przystawia się go do szyi, a drgania jamy ustnej sterują generatorem dźwięku imitującym mowę.

Dzieląc przeznaczony do wypowiedziania tekst można nie poprzestać na słowach, lecz pójść jeszcze dalej, sięgając do najbardziej elementarnych składników. Są to tzw. fonemy, z których składa się każda mówiona kwestia, podobnie jak z liter złożony jest tekst pisany (tyle że fonemów jest mniej więcej dwa razy tyle, ile liter). Zbiór fonemów można przechowywać w pamięci komputera, maszynie zaś wolno złożyć z nich, co zechce. Nie ma żadnych ograniczeń, bo z fonemów dają się

zbudować wszystkie możliwe do wypowiedzenia przez człowieka słowa, krótkie oracje, szepty, krzyki, a nawet śpiew.

Urządzenia do syntezy ludzkiej mowy oparte na tych zasadach mówią głosem męskim lub kobiecym, w każdym języku i z dowolnym akcentem. Działają w wielu laboratoriach badawczych — także w niektórych polskich placówkach naukowych. Te krajowe potrafią wypowiedzieć dowolne zdanie, jakie się im w naszym języku przedstawi (łącznie z wymyślonymi dla cudzoziemców powiedzonkami, najeżonymi „cz, ć, sz, ś”, na których sami często się potykamy). Tekst należy wystukać na dalekopisie, który drukuje i dziurkuje go jednocześnie na taśmie papierowej w formie zrozumiałej dla komputera. Maszyna z kolei rozkłada tekst na elementy odpowiadające pojedynczym zgłoskom, dobiera właściwe dźwięki i ustawia je w pożądanej kolejności. Po paru chwilach z głośnika lub słuchawek rozlega się wyraźna recytacja wypisanej na dalekopisie sentencji: „Podczas suszy szosa sucha”. Możemy zlecić komputerowi wielokrotne powtórzenie tej frazy i przyspieszać ją aż do granic zrozumiałości, a mimo to cienki, nieco dziecinny głosik nie zająknie się ani na moment.

Ambicją naukowców było jednak stworzenie urządzeń zdolnych nie tylko do naśladowania ludzkiej mowy, ale i innych efektów dźwiękowych. Chodzi tu przecież o określone zmiany ciśnienia, fale o pewnej częstotliwości, które wprawiają w drgania błonę bębenkową naszego ucha i powodują, że coś słyszymy (stałe ciśnienie jest odbierane jako cisza). Źródłem fali dźwiękowej może być każdy obiekt zdolny do wywoływania zmian ciśnienia: zamykane z trzaskiem okno, drgająca struna skrzypiec czy ludzka krtąń. Efekt ten uzyskiwany jest również przez mechaniczną wibrację umieszczonej w głośniku membrany, którą wprawia w ruch

zmienny prąd elektryczny dopływający do cewki głośnika. Prąd ten odpowiada dźwiękowi zapisanemu na taśmie magnetofonu lub rejestrowanemu na bieżąco przez mikrofon.

Jeśli jednak przerwiemy to połączenie i zamiast prądowego zapisu dźwięku doprowadzimy do głośnika inny prąd, to i on także spowoduje, że głośnik zacznie działać jak poprzednio. A przy obecnym zaawansowaniu elektroniki potrafimy wytworzyć każdy rodzaj prądu. Może on być silny lub słaby, może zmieniać się wolno lub szybko, wykres jego zmian może być sinusoidalny, prostokątny albo całkiem dowolny, choćby najbardziej skomplikowany. Skoro tak — rozumowali konstruktorzy — to połączmy generator prądu z głośnikiem. Uzyskamy wówczas zestaw zdolny do wytwarzania dowolnych dźwięków przez samo regulowanie generatora pokrętłami. Jeśli ustawimy je w odpowiedni sposób, do głośnika popłynie prąd wywołujący dźwięk identyczny, jak przy hamowaniu tramwaju. Zmieniamy położenia przełączników generatora, zmienia się prąd i z głośnika dobiega pobudka grana na trąbce.

Pomysł dość prosty i jego techniczna realizacja nie jest taka trudna. Tego typu urządzenia pojawiły się w eksperymentalnych studiach radiowych już pod koniec lat pięćdziesiątych. Nazwano je syntezatorami dźwięku. Na skutek miniaturyzacji układów elektronicznych rozmiary syntezatorów zaczęły się wkrótce zmniejszać i po kilku latach nabrały one rozsądnych użytkowych kształtów. Prototyp podręcznego syntezatora zbudował amerykański inżynier, Robert Moog. Urządzenia Mooga okazały się niezwykle praktyczne i tanie, znalazło się więc na nie wielu amatorów, a wytwórnia Mooga szybko przeobraziła się z małego warsztaciku w dużą fabrykę. Syntezatory stały się jednym z podstawowych instrumentów awangardowych zespołów muzycznych (jako dowód uznania dla konstruktora w

języku potocznym określa się je często mianem „moogów”).

Nauczyć się poprawnej gry na moogu nie jest wcale łatwo, trzeba bowiem szybko zmieniać położenie pokręteł, dźwigni i hebelków, aby nadażyć za tempem generowanej melodii. Z tego właśnie powodu w nagraniach laboratoryjnych zaczyna się stosować odpowiednio zaprogramowane komputery, których zadaniem jest szybkie przestrajanie syntezatorów i sterowanie całym systemem wytwarzania dźwięków.

Doświadczenia z maszynami widzącymi, mówiącymi i słyszającymi tak pochłonęły uwagę naukowców i przeznaczone na badania finanse, że niewiele energii i pieniędzy zostało na inne zmysły. Eksperymentatorzy tłumaczyli, że większość informacji otrzymujemy z otoczenia i przekazujemy na zewnątrz za pomocą obrazu i dźwięku, na tym więc należy skupić wysiłki. Tylko nieliczni zdecydowali się na prowadzenie prac zmierzających do wzbogacenia maszyn o możliwość odbierania wrażeń smakowych i węchowych.

Przypomnijmy, że wiele dobrze znanych przyrządów pomiarowych reaguje nawet na bardzo słabe bodźce dochodzące ze świata zewnętrznego. Termometry wychwytyują skoki temperatury o ułamek stopnia, manometry rejestrują minimalne wahania ciśnienia. Sensory stosowane w nowoczesnych windach i aparatach radiowych reagują na niewyczuwalne muśnięcie palcem. Dla dokładnego rozpoznawania smaków zbudowano specjalny przyrząd nazwany elektrogustometrem, któremu jednak daleko jeszcze do absolutnej precyzji. Smak wymyka się bowiem z formalnego matematycznego opisu, czemu trudno się dziwić, bo nie zawsze świadomie potrafimy go opisać zwykłym językiem. Mówimy: „zupełnie jak polędwica” albo „trochę przypalone”. Czasem poprzestajemy tylko na grzecznościowym: „wyśmienite” czy też „bardzo smaczne” i ani

nam w głowie wnikanie we wzory ujmujące wrażliwość podniebienia. Opracowując sztuczny narząd węchu założono zatem, że wszystko, co nawet psi nos potrafi zidentyfikować, jest mieszaniną co najwyżej czterech podstawowych zapachów. Do pamięci komputera wprowadzono więc dane na temat 80 kombinacji rozmaitych stężeń tych czterech składników i z powodzeniem użyto ich jako wzorów do rozpoznawania wielu ulotnych woni.

Szare komórki do wynajęcia

Pamięć uważano w starożytności za jeden z najistotniejszych przymiotów człowieka, a ludzie znani z umiejętności zapamiętywania wielu informacji znacznie łatwiej dochodzili do zaszczytów i publicznych stanowisk. Nie dziw więc, że prześcigano się w wymyślaniu przeróżnych kruczków (wcale nie tak banalnych jak węzélki na chusteczce) i nauczano nawet przedmiotu „sztuka pamięci”. Mówca, który chciał wygłosić dłuższą, rozgąlioną tematycznie orację, przedstawiał ją sobie w myśli jako na przykład duży dom. W czasie przemówienia przechadzał się w wyobraźni od pokoju do pokoju, z których każdy wiązał się z jakimś koniecznym do zreferowania problemem. Oglądał meble kojarzące się ze szczegółowymi zagadnieniami, ozdoby na ścianach przypominające o dowcipnych przerywnikach lub drobne przedmioty symbolizujące pojedyncze celne zdania.

W średniowieczu przestano traktować pamięć z takimi honorami. Uważa się, że miało to związek z rozpowszechnieniem się umiejętności pisania, spadkiem kosztów materiałów piśmiennych, a wreszcie z wynalazkiem druku. Własne notatki stawały się jakby zewnętrzną pamięcią, która nie pozwalała umknąć kłębiącym się w głowie myślom. Można było uwolnić się

od wkuwania tysięcy wiadomości, bo pojawiły się książki, w których w razie potrzeby łatwo odszukać niezbędne informacje. Sięgając po stojącą na półce encyklopedię rzadko zdajemy sobie sprawę, że jest ona przedłużeniem naszej własnej pamięci. Gdyby nie ten gruby tom, należałoby przechowywać w głowie setki przydatnych od czasu do czasu haseł. Jak długo musiałbym zatem ćwiczyć swoją pamięć według starożytnych recept, żeby zmieściły się w niej choćby encyklopedyczne dane, z których korzystam przy pisaniu tej książki?

W każdym działaniu, które polega na zarejestrowaniu informacji i przechowywaniu jej przez pewien czas, można się doszukiwać jakichś związków z pamięcią. Wyblakłe zdjęcie niemowlęcia na niedźwiedziej skórze nam nic nie mówi — naszym rodzicom jednak przywołuje z pamięci pewne fakty. Odnaleziona w szafie płyta zacinając się odtwarza nagrania Presleya u szczytu sławy — przed laty znaliśmy tę piosenkę na pamięć, słowo po słowie, tak jak dzisiaj najnowsze przeboje. Pamięć nie jest wyłącznym przymiotem ludzkiego umysłu lub działających na rzecz tego umysłu skonstruowanych przez człowieka urządzeń. Znakomitą pamięcią dysponują niektóre zwierzęta (pies po latach rozpoznaje właściciela), choć inne, jak wiewiórka, słyną z zapominalstwa. Na upartego można też twierdzić, że sama natura obdarzona jest umiejętnością rejestrowania zachodzących w niej wydarzeń. Słoje drzewa „zapamiętują” jego wiek, a ślady kopyt na przybrzeżnym błocie mówią o wielkości goszczącego u wodopoję stada. Doświadczony leśnik po obserwacji uszkodzonych drzew oceni siłę szalejącego ostatnio huraganu, a ze zwalisk kamieni na stoku określi kierunek lawiny, która przeszła tędy poprzedniej wiosny.

Mimo że badania nad ludzką pamięcią rozpoczęto zanim jeszcze na serio zainteresowano się zasadami funkcjonowania mózgu, istota jej działania nie została do

końca wyjaśniona. Nie jest nawet całkiem oczywiste, gdzie się właściwie pamięć mieści. Według jednej z ogłoszonych niedawno hipotez pamięć rozproszona jest w różnych okolicach mózgowia. Koncepcję tę wysunął kierownik zespołu naukowców z Kalifornijskiego Instytutu Technologii, James Olds, na podstawie obserwacji doświadczalnych szczurów. Do różnych punktów ich mózgu wprowadzono dziewięć mikroskopijnych elektrod i rejestrowano zachowanie się neuronów w czasie podawania zwierzęciu pokarmu w łatwej do zapamiętania kolejności. Przebadano w ten sposób 400 miejsc, wśród których cztery, położone w mózgowiu, wykazywały ścisły związek z przechowywaniem informacji.

Aby jednak stworzyć maszynową pamięć, wcale nie trzeba było dociec tajemnicy pamięci ludzkiej. Już pierwsze komputery miały zdolność zapamiętywania potrzebnych im do działania informacji. Wówczas mogły one przechowywać jeszcze niewiele danych jednocześnie, a wymiary owych szaf z pamięcią były przygnębiająco duże, do zapamiętania jednej cyfry potrzeba było bowiem aż dziesięciu triod (lamp elektronowych o trzech elektrodach). Układ rejestrujący prostą kilkucyfrową liczbę wyglądał więc jak wnętrze starego telewizora. Uruchomiona w 1946 roku elektroniczna maszyna cyfrowa ENIAC, uznana za pierwszy okaz współczesnego komputera, zawierała 18 tysięcy lamp (oczywiście tylko część z nich była przeznaczona na pamięć), co sprawiało, że zajmowała powierzchnię aż 70 metrów kwadratowych.

Rozpoczęto więc gorączkowe poszukiwania nowych rozwiązań, które czasem prezentowały się dość dziwnie: kurczące się i rozprężające sprężyny, rury wypełnione rtęcią itp. Prawdziwą rewelacją stała się dopiero pamięć sprawdzona w 1953 roku w prototypowej maszynie Whirlwind I. Koncern International Business Machines wyposażył w nią nieco później swo-

je komputery z serii oznaczonej numerem 701. Pamięć ta wykonana była w postaci siatki z kilkudziesięciu rozmieszczonych równomiernie w pionie i w poziomie cienkich drucików krzyżujących się pod kątem prostym. Na każdym z przecięć zawieszono miniaturowy pierścień ferrytowy, nazywany potocznie rdzeniem. Własności magnetyczne rdzenia powodowały, że mógł on być namagnesowany w dwu przeciwnych kierunkach. Przemagnesowanie rdzenia następowało wtedy, gdy przez oba przewody, na które był nanizany, popłynął prąd. Jeśli zatem podłączyliśmy prąd do czwartego przewodu poziomego i piątego pionowego, to rdzeń leżący w czwartym wierszu i piątej kolumnie zmieniał swój stan namagnesowania, utrzymując się w nim praktycznie nieskończenie długo. Można to było interpretować jako pamiętanie cyfry „1”, podczas gdy pozostałe rdzenie trwały nadal w stanie odpowiadającym cyfrze „0”.

Dla odczytania tak zapisanej informacji zastosowano dodatkowe przewody, po których płynął prąd umożliwiający rozpoznanie stanu rdzeni (fot. IV). Każdorazowy odczyt kasował jednak zawartość pamięci. Jednocześnie bardzo to komplikowało i tak misterną konstrukcję siatki. Przez igielne ucho ferrytowej obrączki trzeba było przewlekać już trzy (a czasem i więcej) cienkich jak włos przewodów. Wykonywać to można było tylko ręcznie, i to pod mikroskopem — dlatego w zakładach produkujących pamięci ferrytowe zatrudniano zwykle kobiety. Mimo bardzo uciążliwego sposobu wytwarzania ten rodzaj pamięci szeroko się rozpowszechnił. Pozwalał on bowiem na w miarę szybki odczyt i zapis na czas właściwie nieograniczony sporej porcji informacji przedstawionej w postaci szeregu zer i jedynek.

Takie zero-jedynkowe przedstawianie wiadomości jest dla człowieka zapisem trochę nienaturalnym, ale w komputerowej praktyce pozwala na zapamiętanie

wszystkiego, co niezbędne. Nie istnieje bowiem wiadomość, której nie udałoby się rozłożyć na zestaw elementarnych informacji, dających się zakodować w ten właśnie sposób. Ów najprostszy z możliwych dwójkowy (binarny) zapis sprowadza się do wyboru między cyframi „zero” i „jeden”, ale to „zero—jeden” może mieć rozmaite informacyjne znaczenia: „tak—nie”, „włączone—wyłączone”, „jest—nie ma”, „namagnesowane—roznamagnesowane”, „dziurka—miejsce nie przedziurkowane”.

Stosowany w nauce termin „informacja” jest szerszy niż jego przyjęte w języku potocznym znaczenie. To nie tylko wiadomość o terminie odjazdu pociągu czy podanie kierunku drogi do apteki przypadkowemu przechodniowi. Informacją jest każdy rozkaz, literacki opis krajobrazu czy biurowe sprawozdanie. Nawet gdy chcemy zasięgnąć informacji, sami jej nieświadomie udzielamy. W prośbie albo pytaniu jest bowiem również zawarta informacja. Posiadacz zegarka, zapytany o godzinę, dowiaduje się, że potrzebujemy wiadomości na temat aktualnego czasu, aby, być może, nie spóźnić się na umówione spotkanie.

W czasie ostatniej wojny nauka zainteresowała się rozpracowaniem zagadnień związanych z istotą informacji. Walczące strony przerywały bowiem bezpardonowo łączność przeciwnika, wprowadzały zakłócenia, wysyłały fałszywe wiadomości. A przecież wtedy, jak nigdy przedtem, zależało wszystkim na informacji wiarygodnej i pełnej. Trzeba więc było odizolować szumy i uwzględnić przypadkowość przesyłanych sygnałów, ocenić stopień zaufania wobec odbieranych wiadomości. Za biurkami posadzono najlepszych i na wyniki, czyli na powstanie nowej dyscypliny naukowej, nazwanej potem „teorią informacji”, nie trzeba było długo czekać. Jedną z jej cenniejszych zdobyczy okazała się metoda ilościowego wyrażania informacji. Ogło-

sił ją w 1948 roku amerykański matematyk, Claude Shannon, który pracował w laboratoriach wielkiej firmy Bell, produkującej telefony.

Zmierzyć, ile informacji niesie w sobie jakaś wiadomość — to tylko pozornie wygląda na bagatelkę. Bo i jak przenieść do świata liczb niektóre, zawierające ważne informacje pojęcia, nierozzerwalnie związane z naszymi odczuciami? Informacja może być dobra lub zła, wesoła lub smutna, a liczby pozostają bezwzględne i obiektywne, niezależnie od naszych prywatnych opinii i nastrojów. Która z informacji ma być ważniejsza: ta, która mówi o powodzi w Pakistanie, czy ta, która podaje adres punktu napraw telewizorów? Czy suchy opis cyfrowy nie pozbawi informacji części jej istotnej, niewyraźnej liczbami treści?

Ludzie starali się jednak zawsze jak najprecyzyjniej określić wielkości, którymi posługiwali się w życiu. Definiowali je po kolei w miarę potrzeb rozwijającej się cywilizacji. Ustalali jednostki ciężaru dla porównania wagi sprzedawanych towarów, jednostki długości pozwalające na podanie odległości między miastami. Wprowadzali miary powierzchni przy pobieraniu podatków ziemskich, miary prędkości dla dyliżansów pędzących po dalekich trasach. I chociaż informacją ludzie posługiwali się od zarania swych dziejów, to dopiero niedawno za sprawą maszyn, które zaczęły przetwarzać wiadomości, zostali zmuszeni do liczbowego określenia ilości informacji.

Dla cyfrowego ujęcia jakiejś wielkości trzeba zastosować pewną umowną jednostkę miary. W przypadku ciężaru jest nią gram, w przypadku odległości — metr. Jako jednostki informacji używa się bitu. Jedni twierdzą, że jest to skrót angielski od *binary digit* — liczba dwójkowa, inni, że chodziło o *binary information theoretical unit* — teoretyczną jednostkę informacji w układzie dwójkowym. Jest to właśnie ta najmniejsza, ele-

mentarna wiadomość, która, jak już wspominaliśmy, może być symbolizowana przez cyfrę zero lub jeden — cegielkę, z której można złożyć nawet najbardziej skomplikowaną wiadomość. „Bit określa wiadomość” — napisał kiedyś dowcipnie jeden z naszych czołowych informatyków.

Jeden bit informacji można zatem traktować jako komunikat obwieszczający o wystąpieniu jednej z dwu możliwości: „tak—nie”, „prawda—nieprawda”, „dobrze—źle”, „impuls—brak impulsu”. Wynik rzutu monetą — „orzeł” lub „reszka” — jest właśnie informacją jednostkową. W kawiarni natomiast, gdy są lody: truskawkowe, ananasowe, waniliowe i kawowe, a my zamawiamy te ostatnie, kelnerka otrzymuje już informację dwubitową. Powinna ona pytać dwa razy, otrzymując dwie odpowiedzi „tak—nie”, czyli dwie informacje jednobitowe: „czy lody owocowe? (zatem truskawkowe i ananasowe) — nie; czy wobec tego waniliowe? — nie”. Aha, chodzi o lody kawowe. Zatem dwa bity niosą informację o jednym z czterech możliwych przypadków.

Informacje są zazwyczaj dużo obszerniejsze, zawierają znacznie więcej bitów. Jako ciekawostkę można podać, że pamięć dorosłego człowieka szacuje się na 10^{11} do 20^{20} bitów, a niniejsza książka zawiera mniej więcej 10^6 bitów informacji. Pamięci współczesnych komputerów są znacznie większe — na przykład pojedyncza pamięć dyskowa gromadzi do 10^{10} bitów, czyli mieści w sobie dziesięć tysięcy takich książek. W pamięciach ferrytowych, przypomnijmy, jeden rdzeń służył do zapamiętania jednego bitu. Jakże zawrotnej liczby rdzeni wymagałoby przechowywanie w ten sposób wyników spisu powszechnego! A przecież w komputerowych pamięciach gromadzi się nie tylko dane statystyczne, które są z natury swej rzeczy liczbami, ale również i takie, które zostały na liczby zamienione,

aby można je było łatwiej zapamiętać. Jak wiadomo, w maszynowej pamięci można zarejestrować również zakodowany zero-jedynkowo obraz, opisując punkt po punkcie jego barwę i jasność. Można w niej zapamiętać też muzykę, ujmując w postaci cyfr binarnych barwę, natężenie i czas trwania kolejnych dźwięków — ale ileż bitów trzeba na to zużyć!

Pojemność pamięci stała się jednym z głównych wskaźników określających użyteczność komputerów, przy czym zarysował się dość wyraźny podział urządzeń pamiętających. Komputerom potrzebne są w zasadzie dwa rodzaje pamięci. Niezbędne do aktualnych obliczeń dane, pośrednie wyniki wykonywanych operacji i programy sterujące bieżącym działaniem przechowywane są w wewnętrznej pamięci komputera, zwanej pamięcią operacyjną. Musi ona umożliwiać szybkie pobieranie i zapisywanie informacji, które powinny być zawsze pod ręką. Nie jest ich zwykle wiele, więc od pamięci tego typu nie wymaga się dużej pojemności. Dlatego rdzenie ferrytowe zastosowano właśnie jako pamięci wewnętrzne. Aby odciążyć maszynę cyfrową od niepotrzebnych aktualnie danych, zdecydowaną większość informacji przechowuje się w pamięciach umieszczonych poza komputerem. Pamięci te mają bardzo dużą pojemność, za to dostęp do nich jest znacznie wolniejszy.

Oba typy pamięci są z sobą bezpośrednio połączone i dane, na razie niepotrzebne, wędrują do pamięci zewnętrznych, skąd w odwrotnym kierunku płyną informacje konieczne do obliczeń, które komputer za moment podejmie. Ten sposób podziału pamięci maszynowych obowiązuje już od dawna. Wprowadzono go zanim psychologowie odkryli, że u człowieka da się wyodrębnić również dwa rodzaje pamięci, które spełniają podobne funkcje: jedna gromadzi mniej ważne informacje przydatne na krótką metę, druga, przeciwnie,

pamięta rzeczy istotniejsze przez długie lata. Ciekawa analogia, prawda?

Najbardziej popularną odmianą pamięci zewnętrznych są stacje taśm magnetycznych (fot. V). Wyglądają one jak stojące na boku magnetofony mniej więcej dwumetrowej wysokości. Taśma, którą się w nich stosuje, jest szersza od używanej przez amatorów domowych nagrań, ale istota zapisu jest prawie taka sama jak w magnetofonie. Impulsy prądu odpowiadające zero—jedynkowej informacji pobudzają głowicę magnetyczną, która rejestruje te dane na taśmie. W czasie odczytu głowica reaguje na zapis znajdujący się na taśmie i wytwarza impulsy elektryczne. Posiadacze magnetofonów domyślają się już pewnie, dlaczego ten rodzaj pamięci jest stosunkowo wolny. Zanim dostaniemy się do potrzebnego akurat nagrania, trzeba czasem przewinąć cały krążek taśmy (jedna 700-metrowa szpula pamięci taśmowej może zawierać do 10^9 bitów). Magnetofonowa moda nie omija komputerów — od pewnego czasu dużym wzięciem cieszą się pamięci kasetowe; te już do złudzenia przypominają kasety powszechnie dostępne w sklepach.

Inne typy pamięci zewnętrznych też zapożyczyły wiele z techniki fonograficznej. Pamięć dyskowa, o której już mówiliśmy, wygląda jak magazynek ustawionych jedna nad drugą płyt długogrających. Każda z płyt (czyli właśnie dysków) jest pokryta materiałem magnetycznym oraz ma własne głowice zapisujące i odczytujące. Zasada działania katarynki — walec z kołeczkami obracający się wokół osi — ma swoich naśladowców w pamięciach bębnowych: w nich też mamy kręcący się walec, na którego powierzchnię naniesiono materiał magnetyczny. Rolę swego rodzaju pamięci zewnętrznych pełnią także taśmy i karty papierowe. Można na nich zapisać wszystkie wychodzące z komputera informacje, odłożyć na półkę i, gdy zajdzie

potrzeba, ponownie podsunąć maszynie do odczytania. Nie jest to zapis, którego dokonuje się za pomocą pióra lub ołówka. Papier jest perforowany: jedynek symbolizuje otwór, nie przedziurkowane miejsce oznacza zero. Tą metodą utrwalano kiedyś większość komputerowych danych. Dziś stosuje się te tzw. papierowe nośniki informacji coraz rzadziej. Są one niezbyt wygodne i podatne na zniszczenie. Jeśli chodzi nam o zapamiętanie dodatkowych danych, stawiamy szafę z taśmami lub dyskami magnetycznymi. Gdy potrzeba nam więcej pamięci — stawiamy następną lub dokupujemy kilkadziesiąt dysków i krążków taśmy. Zewnętrzna pamięć komputera stała się w praktyce nieograniczona — można ją rozbudowywać w nieskończoność i katalogowe oferty producentów, prześcigających się w fabrykowaniu maszyn o coraz większej pojemności pamięci, przestały budzić zainteresowanie, choć ciągle są istotne dla oceny pamięci operacyjnych.

Współczesne pamięci zewnętrzne pozwalają na przechowywanie bardzo dużych zbiorów danych, na przykład informacji o przebiegu chorób wszystkich pacjentów leczonych przez ośrodek zdrowia w ciągu ostatniego dziesięciolecia albo danych personalnych obywateli wielomilionowego państwa. Wiadomości zgromadzone na szpulach taśm, zapelniających regały archiwów w ośrodkach obliczeniowych, tworzą tzw. banki danych, z których jeden widać na fotografii 12. Od dawna służą one z powodzeniem jako szybkie i bardzo szczegółowe kartoteki w administracji, ekonomii i wielu innych sferach życia społecznego. W wielu dziedzinach trudno byłoby już sobie dać radę bez owych banków. Dobrym przykładem są prawdziwe banki, które bez zapisywania stanu kont klientów w pamięciach maszyn cyfrowych, co umożliwia automatyzację operacji finansowych, zagubiłyby się wśród setek tysięcy wpłat, wypłat i przelewów. W takiej samej sytuacji jest duże

przedsiębiorstwo, tworzące bank danych zawierający informacje potrzebne do zarządzania firmą: wiadomości o pracownikach, listy płac, wykazy zużytych materiałów i narzędzi, plany produkcyjne i wskaźniki ich realizacji, rezultaty sprzedaży itp. Kierownictwo przedsiębiorstwa może tę informację uzyskać natychmiast — naciśnięcie odpowiedniej kombinacji klawiszy powoduje wyświetlenie danych na ekranie monitora w gabinecie dyrektora. Co więcej, nie muszą to być dane w identycznej formie, w jakiej zostały do komputerowej pamięci wprowadzone, czyli bezmyślnie odebrane z odpowiedniego kawałka informacyjnej taśmy. Dopuszczalne jest bowiem pytanie o dowolne połączenie wiadomości w jakiejś wymyślnej konfiguracji. Pragniemy otrzymać, dajmy na to, informacje o efektach robotników poniżej trzydziestki w porównaniu do ich czasu pracy? Proszę bardzo: maszyna wyszukuje w pamięci wszystkich zatrudnionych przy produkcji mężczyzn, eliminuje z tej listy osoby powyżej trzydziestu lat, sięga do zbioru danych na temat ich wyników i do danych zarejestrowanych przez automat kontrolujący wejścia i wyjścia pracowników z zakładu. Wybiera odpowiednie liczby, sumuje, dzieli i wyświetla na ekranie: „Wydajność robotników mających poniżej 30 lat w naszej firmie wynosi 0,96. Jest to wynik zadowalający, bo średnia krajowa nie przekracza 0,89”.

Wróćmy jednak do wewnętrznych pamięci komputera. Ich rozwój nie skończył się wcale na rdzeniach pamięci ferrytowej. Pałeczkę po ferrytach przejmują obecnie pamięci kompletowane z układów scalonych. Kostka układu scalonego wykonana z materiału półprzewodnikowego ma rewelacyjnie niewielkie wymiary (fot. 13), a już teraz dostępne są na elektronicznym rynku takie kostki przechowujące dziesiątki tysięcy bitów informacji. Przystępne ceny i wygodna eksploata-

cja sprawiają, że układy scalone prawdopodobnie zdominują wkrótce pamięci operacyjne komputerów.

Mimo to ciągle szuka się czegoś jeszcze lepszego. Każde nowo odkryte zjawisko fizyczne poddaje się drobiazgowym badaniom podejrzewając, że można je wykorzystać do zapamiętywania informacji w nie znany dotąd sposób. Kiedy więc opracowano metodę otrzymywania cienkich półprzezroczystych warstw magnetycznych, zbudowano za ich pomocą pamięć magnetoptyczną. Zjawisko nadprzewodnictwa metali w temperaturze bliskiej absolutnego zera zastosowano do stworzenia pamięci kriogenicznej, a domeny magnetyczne powstające na płytkach ortoferrytu użyto do pamięci, którą nazwano bąbelkową. Jest zatem całkiem zrozumiałe, że tak epokowy wynalazek jak laser nie mógł wymknąć się uwadze specjalistów od pamięci. Już wyniki wstępnych obserwacji wykazały, że pamięci holograficzne, wykorzystujące światło laserowe, mieszczą wielokrotnie więcej danych, niż można zgromadzić w pamięci konwencjonalnej o tej samej powierzchni (1 mm² hologramu rejestruje ok. tysiąca bitów), a przy tym uzyskać czas dostępu rzędu kilku mikrosekund.

Wiele miejsca w pamięci i czasu wymaganego na odszukiwanie informacji udaje się zaoszczędzić, wprowadzając przemyślaną organizację przechowywanych danych. Do tej pory pamięć zazwyczaj dzielona była w jakiś regularny sposób na bloki, które z kolei zawierały stałą liczbę komórek mieszczących jednakowe porcje (np. 8 bitów) informacji. Każda komórka miała własny adres, który spełniał podobną rolę jak kod adresowy na liście. Aby odtworzyć informację zapisaną w komórce, należało się powołać na jej adres — wówczas głowica magnetyczna układu odczytującego ustawiała się nad właściwym odcinkiem taśmy. Na przechowywanie adresów trzeba jednak zużywać część dro-

gocennego miejsca w pamięci. Unikniemy tego poszukując informacji nie według adresu, pod którym powinna figurować, a na podstawie pewnych cech charakterystycznych tej właśnie wiadomości. Taki sposób organizacji cechuje pamięć nazywaną asocjacyjną, czyli, podobnie jak pamięć ludzka, działającą na zasadzie skojarzeń.

Spokojna głowa

Mózg jest najbardziej skomplikowaną częścią ludzkiego organizmu i zarazem najtrudniejszą do odwzorowania w wersji maszynowej. Przypomnijmy, że mamy już sztuczne ręce, nogi, oczy i uszy o walorach równych naturalnym. Wyobraźmy sobie też, że potrafimy dobudować do tego tułów, układ oddechowy i krwionośny. Gdy jednak złożymy te części w zgodną całość, otrzymamy imponujący technicznie, ale mało użyteczny manekin. Dopiero uzupełnienie tej konstrukcji centralnym układem sterowania, analizy sytuacji i podejmowania decyzji uzasadniałoby jej porównanie z istotą ludzką.

Miliardy komórek nerwowych naszego mózgu odpowiadają właściwie za wszystko, co dzieje się wewnątrz naszego ciała i za to, jak funkcjonuje ono na zewnątrz. Swe czynności kierownicze mózg wykonuje niezależnie od tego, czy jego właściciel jest tego świadom, czy nie. Mózg nie tylko znajduje właściwe reakcje na dochodzące sygnały („parzy — cofnąć rękę”), ale także wytwarza rozmaite substancje, które przeciwdziałają zmianom powstającym w samym organizmie (np. endorfiny — środki uśmierzające ból).

Aby uchwycić istotę jego władzy, w ciągu ostatnich dwudziestu lat dokonano wielu tysięcy eksperymentów

stosując nader subtelne metody badawcze. Biorą w nich aktywny udział także Polacy. Prof. Jerzy Konorski, nasz najznakomitszy neurofizjolog, już przed wojną prowadził w Warszawie pracownię fizjologii wyższych czynności nerwowych. Nagrodę Nobla w 1977 roku za badania w tej dziedzinie otrzymał prof. Andrzej Schally, Polak z pochodzenia, pracujący w Szpitalu Weteranów w Nowym Orleanie. Jego odkrycia, zdaniem prasy fachowej, „rewolucjonizują całą dotychczasową wiedzę o funkcjach mózgu”.

Wykorzystując najświeższe zdobycze medycyny, biologii, chemii, fizyki, elektroniki i techniki obliczeniowej udało się wydobyć na światło dzienne zdumiewające osobliwości mikroświata mózgu i wnikać w subtelną złożoność jego struktury. Ustalono już zostało, gdzie mieszczą się ośrodki dyspozycyjne poszczególnych części ciała. Określono podstawowe zasady działania komórek, zlokalizowano połączenia nerwowe wewnątrz mózgu i ujawniono mechanizmy powstawania i rozchodzenia się tam sygnałów elektrycznych. Potrafimy określić, z jakich części mózg się składa, wysledzić ich powiązania i reakcje na rozmaite bodźce. Trudno nam jednak zrozumieć, jak w gruncie rzeczy ten niezwykle skomplikowany system działa jako całość. Próbowano dociec tych zależności badając mózgi zwierząt, wprowadzając do mózgów małą, świń, psów i kotów miniaturowe elektrody. Zarejestrowały one wiele nie znanych zjawisk, ale nie dały klucza do wyjaśnienia istoty sprawy.

Naukowcy, którzy przymierzali się do zbudowania czegoś na kształt sztucznego umysłu, byli więc w kłopotcie. Nie dysponując kompletną wiedzą o strukturze, którą chcieli odtworzyć, mogli pójść dwiema drogami. Pierwsza sprowadzała się do stwierdzenia: „ile wiemy, tyle wiemy; wykonajmy zatem elektroniczną kopię mózgu uwzględniającą maksimum obecnych informacji

o jego budowie i działaniu". Konstruowano więc sieci elektryczne imitujące pracę systemu nerwowego i bio-niczne repliki mózgu. Trud w rodzaju przesypywania piasku na plaży — w centralnym układzie nerwowym jest przecież ponad 10^{10} neuronów. Druga metoda polegała na matematycznym ujęciu zasad działania mózgu i modelowaniu ich na dużej maszynie cyfrowej. Ten kierunek miał oparcie w wielowiekowych dociekaniach matematyków i filozofów, którzy dążyli do opisania logiki rządzącej pracą mózgu, ale bez wgłębiania się w fizjologię myślenia. W życiowej praktyce bowiem mniej istotny jest przebieg myślenia niż jego rezultaty oraz informacje, których należy dostarczyć, by uzyskać właściwe rezultaty. Co do komputera, sprawa przedstawia się podobnie: użytkownika interesują dane wejściowe i wynik przetworzenia, a nie sposób, w jaki prądy cyrkulują po obwodach elektrycznych w czasie obliczeń.

Wewnętrzna struktura maszyn — przeciwnie niż własny mózg — jest człowiekowi znana we wszystkich szczegółach, skoro sam ją zaprojektował. Dzięki temu może on porównywać własne intelektualne umiejętności z zewnętrznymi przejawami działania sztucznego mózgu, podsuwać maszynie problemy, przed którymi sam staje przy okazji różnych testów i codziennych sytuacji, i badać, jak maszyna da sobie radę z rozwikłaniem typowych zagadek umysłowych, z podjęciem decyzji czy też ze zdobywaniem doświadczeń. Na takich porównywaniach skupiły się w latach sześćdziesiątych wysiłki naukowców. Wychodzili oni z założenia, że każdy, nawet najbardziej zawily dylemat można rozłożyć na zestawy prostych decyzji. Zamiast więc dręczyć maszynę wyszukanymi spekulacjami, prowadzili ją za rękę przez najbardziej elementarne zadania i niemal oczywiste decyzje.

Pozornie wyglądało to na stratę czasu. Kosztowne komputery całymi godzinami biedziły się nad popraw-

nym przedstawianiem układanki z ruchomych kwadracików ponumerowanych od 1 do 15 (plus wolne pole), na co średnio rozgarnięty siedmiolatek potrzebuje ledwie kilku minut. Wyťažając moc setek tranzystorów maszyna zmagiała się z banalnymi zagadkami w rodzaju powiastki o wilku, kozie i kapuście przewożonych na drugi brzeg rzeki lub historyjki o pajęczku, który we dnie wspina się na słup, a zsuwa się z niego w nocy, krok po kroku przebijała się przez klasyczne zadania ze spotykającymi się na trasie pociągami itp.

Nawet te niepoważne na pierwszy rzut oka doświadczenia dawały nieraz zaskakujące rezultaty. Pewnej maszynie kazano udowodnić najprostsze twierdzenie geometryczne o równych kątach przy podstawie trójkąta równoramiennego. Spodziewano się, że dojdzie samodzielnie do dowodu Euklidesa, który znamy ze szkoły podstawowej. Tymczasem maszyna zaproponowała coś zupełnie innego — dowód prostszy i bardziej śmiały intelektualnie. Dopiero wtedy historycy nauki przypomnieli sobie, że kiedyś w starożytności już go odkryto, lecz później o nim zapomniano.

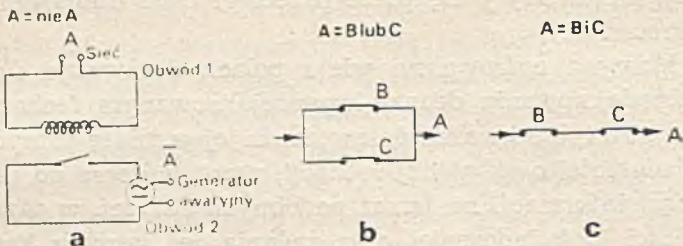
Coraz sprawniejsze maszyny zabrały się do zadań z wyższej matematyki, do złożonych konstrukcji geometrycznych, do udowadniania twierdzeń z logiki formalnej. Odnosiły sukcesy w dziedzinach bliskich abstrakcji. Ale nie tylko: od tych maszynowych rozwiązywaczy problemów (po raz pierwszy użyto tego terminu w nazwie programu z 1961 r.: General Problem Solver — rozwiązywacz problemu ogólnego) można było żądać konkretnych usług — na przykład zaplanowania kolejności dostaw towarów do sklepów. Polega to na tym, że każdego ranka maszyna otrzymuje polecenie: „Zbadaj listę potrzeb zgłoszonych przez sklepy i wyznacz trasę ciężarówki tak, aby najpierw rozwiozła produkty, które szybko się psują”. Trasa musi być najkrótsza (oszczędność benzyny), przy czym tak zaprojektowana,

aby nie zdarzyły się puste przebiegi bądź dublowanie kursów.

Maszyna cyfrowa na wielu polach dorównuje dziś w podejmowaniu decyzji wyspecjalizowanym fachowcom. To tylko kwestia dostarczenia jej w miarę pełnych wiadomości o aktualnej sytuacji, wprowadzenia do pamięci informacji na temat podobnych zdarzeń w przeszłości (doświadczenie) oraz zadania jej jasnych kryteriów wyboru. Tak zaprogramowaną maszynę sprawdzono w 1962 roku, powierzając jej stanowisko dyrektora banku. Otrzymała ona pełną dokumentację: rejestr klientów, liczbę wkładów, stan finansów, ocenę sytuacji rynkowej, wykaz przedsiębiorstw, które należy brać pod uwagę przy udzielaniu kredytu, oraz zasady optymalnej lokaty kapitału. Już po kilku pierwszych próbach przekonano się, że maszyna, uwzględniając dziesiątki czynników, z absolutną pewnością dokonywała operacji decyzyjnych, radząc sobie z polityką bankową nie gorzej niż urzędnicy z długoletnim stażem.

Maszyny zdolne do samodzielnych decyzji zdobywają przewagę nad człowiekiem w okolicznościach, które wymagają nieustannie napiętej uwagi i błyskawicznego reflexu. W wielkiej fabryce chemicznej komputer bez chwili wytchnienia kontroluje wszystkie elementy procesu produkcyjnego. Gdy spostrzeże jakieś zakłócenie, reaguje natychmiast. Zmienia skład mieszanek, reguluje temperaturę, w odpowiedniej kolejności wyłącza zagrożone bloki, aby zapobiec awarii. Jeszcze bardziej ewidentne walory charakteryzują maszyny pracujące dla wojska. Polowy komputer w mgnieniu oka rozstrzyga dylematy natury strategicznej, nie denerwuje się, nie poddaje emocjom, a także jest odporny na zmęczenie i niewyspanie.

Jak działa owa logicznie rozumująca maszyna? Zacznijmy od opisu jej organizacji na najniższym szczeblu — na poziomie układów logicznych. Podstawo-



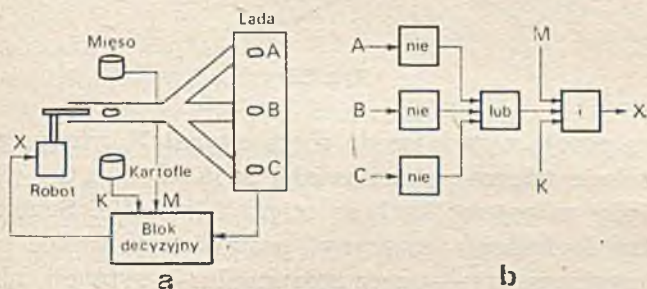
Rys. 9a, b, c

we funkcje logiczne można wytworzyć za pomocą dwóch prostych obwodów elektrycznych i przełącznika elektromagnetycznego. Rysunek 9a ilustruje sposób, w jaki realizowana jest funkcja negacji: $A = \text{nie } A$, czyli na przykład taka funkcja, która jest potrzebna przy sygnalizowaniu przerwy w dopływie prądu na szpitalnej sali operacyjnej. Kiedy nic nie odbiega od normy w górnym obwodzie, gdzie znajduje się cewka, przepływ prądu odpowiadający występowaniu zdarzenia „A” (sieć energetyczna w porządku) powoduje przeciągnięcie kotwiczki przerzutnika i rozwarcie obwodu nr 2. Wówczas prąd w tym obwodzie nie może płynąć, na jego wyjściu tworzy się sygnał „nie A” i nic się nie dzieje. Kiedy natomiast w obwodzie nr 1 przepływ prądu ustaje (to znaczy nie występuje zdarzenie „A”, zatem coś nawaliło i urządzenia reanimacyjne stają z braku prądu), kotwiczka przerzutnika opada zamykając obwód nr 2, a ten z kolei uruchamia awaryjny generator. Na sali operacyjnej znów zapala się światło.

Podobnie dają się wyjaśnić poglądowo dwie inne podstawowe operacje: sumy i iloczynu logicznego. Pierwsza z nich wymaga, by wystąpiło któreś ze zdarzeń składowych, tzn. pojawienie się na wyjściu sygnału, gdy co najmniej jeden z dwóch przekaźników jest zamknięty ($A = B \text{ lub } C$, patrz rys. 9b). Elektroniczna realizacja iloczynu logicznego wymaga, aby wszystkie

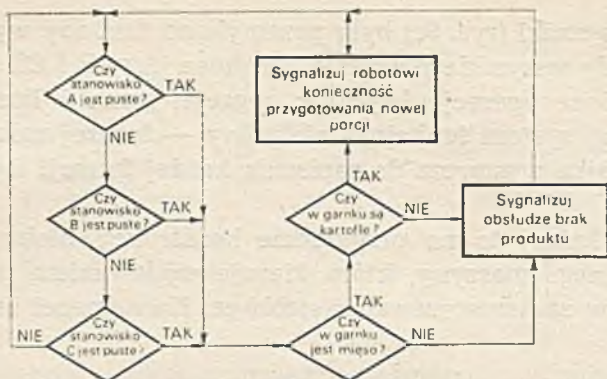
przełączniki (rys. 9c) były pozamykane, tzn. aby występowały wszystkie zdarzenia składowe ($A = B \text{ i } C$). Wymienione operacje logiczne: negacja, suma i iloczyn, tworzą system funkcjonalnie pełny — inaczej mówiąc, ta trójka wystarczy do zapisania każdej funkcji logicznej.

Wykażmy to na przykładzie konstrukcji bloku decyzyjnego maszyny, która kieruje wydawaniem posiłków w zautomatyzowanej stołówce. Konsumenci zabie-



Rys. 10a, b

rają drugie danie z trzech podgrzewanych stanowisk oznaczonych literami A, B, C. Gdy zabraknie talerza z jedzeniem na stanowisku A, sygnał „nie A” powiadamia maszynę o konieczności wysłania nowej porcji (rys. 10a). Ręka robota kładzie wówczas na talerz kawałek mięsa z jednego pojemnika, a z drugiego łyżkę kartoflanego purée. Dzieje się tak, oczywiście, pod warunkiem, że nie wyczerpała się zawartość żadnego z pojemników, o czym meldują sygnały „M” i „K”. Jeśli na przykład w pojemniku zabraknie mięsa, czujnik zmienia wysyłany sygnał „M” na „nie M”. Funkcja logiczna, jaką musi realizować maszyna obsługująca stanowiska z drugim daniem, ma zatem postać następującą: $X = (\text{nie } A) \text{ lub } (\text{nie } B) \text{ lub } (\text{nie } C) \text{ i } (M \text{ i } K)$; (rys. 10b). Tłumaczy się to słowami: każ robotowi przygotować



Rys. 11

nową porcję wysyłając do niego sygnał X wtedy, gdy zabraknie talerza na stanowisku A lub B, lub C i wtedy, gdy w pojemnikach są mięso i kartofle. Schemat bloku logicznego maszyny postawionej wobec tej wyimaginowanej — rzecz zrozumiała — sytuacji, ukazuje rysunek 11.

Tylko w bardzo wczesnych modelach maszyn cyfrowych funkcje logiczne realizowano za pomocą przełączników, jak na rys. 9. Rolę ich — już w momencie powstawania pierwszych komputerów — przejęły lampy elektronowe, później tranzystory, a obecnie układy scalone. Dzięki temu nie stosuje się dzisiaj odrębnych elementów „nie, i, lub”, łączonych przewodami w jeden blok logiczny, albowiem znacznie bardziej złożone funkcje niż ta z rys. 10b można wydobyć z pojedynczej kostki układu scalonego. Układy scalone o wysokiej skali integracji zaczynają się zbliżać w swej złożoności do systemu nerwowego człowieka. Stłoczone w układach scalonych elementy elektroniczne są — według ostatnich doniesień — tylko pięć razy rzadziej rozmieszczone niż komórki w naszym mózgu.

Proces podejmowania decyzji przez maszynę daje

się przesunąć na jeszcze inną płaszczyznę — zamiast logicznej konfiguracji obwodów elektronicznych można go realizować jako program komputerowy. Przedstawiamy wówczas problem w postaci algorytmu, czyli zbioru czynności, które kolejno wykonywane prowadzą do rozwiązania. Powróćmy zatem do rys. 10a: algorytm rozpoczynałby się tutaj od skontrolowania kolejno wszystkich stanowisk i gdyby jedno z nich okazało się puste, to dopiero po zweryfikowaniu zawartości pojemników robot otrzymałby polecenie, by wysłać nową porcję. Algorytm, na podstawie którego należałoby napisać program dla takiego przypadku, znajdziemy na rysunku 11.

Algorytm gwarantuje znalezienie poprawnego wyniku, ale nie zawsze się to opłaca, zastosowanie algorytmu bowiem powoduje czasem zwłokę w podjęciu przez maszynę prostej decyzji. Dzieje się tak zwłaszcza wtedy, kiedy maszyna musi przeszukiwać dużą liczbę danych lub sprawdzać wiele powtarzających się wariantów. Komputer szpitalny, któremu zlecono odnalezienie danych określonej osoby z przebyłym zawałem serca, ma mnóstwo roboty. Działa co prawda według prostego algorytmu: sprawdź, czy pobrane z pamięci dane dotyczą poszukiwanego pacjenta, jeśli nie, to pobierz z pamięci następne dane; przebrnięcie przez obszerną kartotekę zawierającą historie choroby z okresu kilkudziesięcioletniej działalności szpitala wymaga jednak ogromnego wysiłku, no i czasu. Jeśli w dodatku złośliwy przypadek sprawi, że nazwisko pacjenta znajduje się na samym końcu listy...?

Cała ta procedura uprości się niepomrotnie, gdy zamiast przeglądać pełny zbiór danych skoncentrujemy się na jego fragmencie dotyczącym na przykład mężczyzn, i to tych powyżej czterdziestki. Ograniczymy w ten sposób nasze zabiegi do rozpatrzenia wariantów rokujących największe szanse rozwiązania. Nasze po-

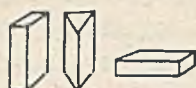
stępowanie będzie tu zgodne z tzw. regułami heurystycznymi. Heurystyka — sprytny kruczek, chytra strategia wynikająca z poprzednio uzyskanych obserwacji — pozwala nam znacznie zredukować obszar poszukiwań. Zaprogramowane heurystycznie maszyny koncentrują się na wyszukiwaniu faktów, które mogą ułatwić odkrycie zależności wiodących szybko do rezultatu.

Wyjaśnijmy to bardziej obrazowo: stosując podejście algorytmiczne zachowujemy się jak spółdzielnia rybacka, która przeczesuje siecią jezioro i z każdej jego części wybiera wszystkie dorodne sztuki. Na tak metodyczne działanie nie stać wędkarza, który ma do dyspozycji jedynie dmuchaną łódkę i sobotnie popołudnie, opiera się on więc na rozumowaniu heurystycznym. Zasada się pod mostek, bo z doświadczenia wie, że tutaj najpewniej coś złapie na robaka. Wyciąga dużego sumę lub minipłótkę, pech bowiem chce, że co grubsze ryby przeniosły się akurat na drugi kraniec jeziora. Sugerowane przez heurystykę rozwiązania są jednak w przeważającej liczbie absolutnie poprawne, a zaoszczędzony czas i trud mają też swoją wymowę. Co więcej, heurystyczny sposób myślenia wydaje się znacznie bliższy naturze funkcjonowania ludzkiego mózgu niż rozumowanie algorytmiczne. Maszyny z programami heurystycznymi powinny chyba okazać się wystarczająco skuteczne przy konfrontacji z nowymi dla nich problemami i wobec nieoczekiwanego rozwoju sytuacji. Niektóre reguły proponowane przez maszynę mogą się wprawdzie okazać zbyt oczywiste, na przykład w szachach: „źle jest tracić własne pionki, dobrze jest zdobywać pionki przeciwnika” — ale dobrze jest nieraz powrócić do nawet tak banalnych kryteriów. Kto wie, czy nie one właśnie będą skuteczniejsze od przerafinowanych spekulacji intelektualnych.

Bardzo istotną cechą umysłu ludzkiego jest zdolność nabywania doświadczeń, czyli do korzystania z infor-

macji uzyskanych w sytuacjach, które już się nam kiedyś przydarzyły. Opanowanie tej umiejętności przez maszyny może przesądzić o tym, czy uznamy je za „prawdziwie inteligentne”. Na razie trudno sobie wyobrazić, aby człowiek potrafił przekazać komputerowi, choćby genialnie pojętnemu, zintegrowaną wiedzę o życiu, na którą składają się miliony gromadzonych od dzieciństwa informacji. Na większość tych codziennie od lat ciułanych okruczków wiedzy nie zwracamy nawet żadnej uwagi. Inne, dość zasadnicze informacje, i te, które stanowią tzw. prawdy o świecie, mamy na stałe zakodowane w pamięci i robimy z nich użytek, niekoniecznie uświadamiając sobie ich treści. Żeby więc wyposażyć maszynę w doświadczenie przeciętnego obywatela naszej planety, musielibyśmy uprzytomnić sobie wszystko, co się na jego świadomości i podświadomości odcisnęło, musielibyśmy podsumować obserwacje i fakty z dotychczasowego życia, spisać to wszystko porządnie i... zaprogramować. Praca zaiste ponad ludzkie siły.

Jest jednak wyjście — należy dać maszynie pewną swobodę. Niech kontaktuje się z otoczeniem, niech sama nabywa doświadczeń, niech jak człowiek uczy się co dzień nowych rzeczy, po prostu niech uczestniczy w życiu. W teorii brzmi to dość przekonująco. W praktyce trzeba by zbudować takie urządzenie, które otrzymywaną z zewnątrz informację umiałoby porównać z informacjami przechowywanymi w pamięci, ocenić ją i odrzucić lub wykorzystać do zmodyfikowania poglądów, jakie do tej pory miało. Maszyna mogłaby się uczyć pod kierunkiem człowieka-nauczyciela, który służyłby jej radą i podsuwał słuszne opinie. Mówiąc, co dobre, co złe, sugerując reakcje pomagałby jej w nauce, jak stary mistrz troskliwie pochylony nad młodym adeptem wiedzy, ale nie hamujący jego samodzielnych poszukiwań. Tak właśnie jak w znanym już



Błąd



Bramka



Średni błąd



Mały błąd



Mały błąd



Bramka

Rys. 12

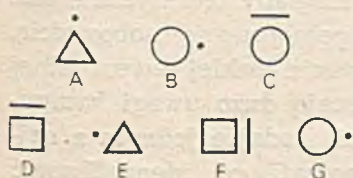
przypadku, gdy maszyna dostała polecenie: ustaw z klocków bramę. Przedtem jednak nie wyjaśniono jej, czym jest brama. Komputer umieszczał klocki w różnych konfiguracjach, które człowiek-nauczyciel opatrywał krótkim komentarzem na temat konstrukcji (rys. 12). Po kilkunastu przymiarkach maszyna zrozumiała sedno sprawy: brama to dwa ustawione równolegle w pewnej odległości klocki, na których leży prostopadłościan bądź piramidka. Teraz mogła już z łatwością wykonać rozkaz.

Brak nauczyciela lub zadanych kryteriów prawidłowego selekcjonowania informacji bardzo tę sprawę komplikuje. Maszyna musi wtedy sama się korygować i przesiewać dane, starając się dociec rządzących nimi prawidłowości. Pierwsze tego typu doświadczenie przeprowadzono w latach trzydziestych z cybernetyczną myszą „Tezeuszem”, która uczyła się odnajdywać najkrótszą drogę do silnego magnesu. Bohaterem późniejszych eksperymentów był cybernetyczny żółw reagują-

cy na światło. Naśladowano tu procesy uczenia szczurów w labiryncie zmuszanych do szukania pokarmu. Żółw, widząc umieszczoną w centrum labiryntu żarówkę, tak długo obijał się o ścianki, póki nie dotarł do celu. W drugiej fazie tej nauki układ zapamiętywania i analizy drogi ujawnił swoją przydatność: żółw już nie błądził, unikał ślepych korytarzy i o wiele rzadziej natykał się na ścianki. Trzeci etap nauki zakończył się pełnym sukcesem — żółw zdążył w kierunku żarówki, jak gdyby miał gotowy plan pokonania przeszkód w postaci rozlicznych rozgałęzień labiryntu.

Maszyny zdolne do uczenia się były wielokrotnie sprawdzane na rozmaitych testach. Wykazały się zdolnością do reagowania na elementarne bodźce i do zdobywania wiedzy przekazywanej im w kilkukiliterowych wyrazach. Potwierdziły swoje umiejętności rozwiązując

przy badaniach inteligencji słuchaczy szkół wyższych. Maszyna badała kilka par figur i znajdowała istniejące między nimi związki. Doświadczenie to służyło jej do wyboru jednej spośród owych figur, którą musiała uznać za



Rys. 13

najbardziej podobną do zadanego wzorca. Możemy to obejrzeć na rys. 13. Dorzucmy, że niewiele ludzi, opierając się na analogiach między figurami A i B, potrafi równie szybko jak maszyna stwierdzić, że figura C pasuje do figury F, a nie do dwóch pozostałych.

Urządzenia uczące się są już dziś dosyć często spotykane w wielu dziedzinach, nie zawsze mających coś wspólnego z cybernetyką czy psychologią. Systemy transmisji danych w telekomunikacji, zasobne w wiedzę o dotychczasowych pomyłkach, umieją wskazać

na błędy w przesyłanych wiadomościach i korygować przekłamania. Do klasy układów uczących się zaliczono również odbiornik radiowy, który po włączeniu dostraja się samodzielnie do najbliższej silnej stacji. Algorytmy uczenia się wykorzystywano z dużą korzyścią przy złożonych procesach decyzyjnych w gospodarce (bardzo się tutaj przydała analiza błędnych decyzji). Ważną rolę odegrały też algorytmy w doskonaleniu umiejętności maszyn w szachach i innych grach. Bez wniosków, które wyciągała z prześledzenia wielu rozegranych partii, bez możliwości uczenia się na mistrzowskich rozgrywkach, maszyna nie miałaby w tej domenie żadnych szans (dokładniej o tych sprawach pomówimy w rozdziale następnym).

Maszyna zdolna do gromadzenia i selekcjonowania wiedzy w celu samodoskonalenia się, maszyna posiadająca pamięć o pojemności zbliżonej do pojemności pamięci ludzkiej, a ponadto utrzymująca bezpośredni kontakt ze światem wokół niej, mogłaby teoretycznie stać się z biegiem czasu odrębną i pełnoprawną osobowością. Uczeni, jakby w przewidywaniu takiej ewentualnej przemiany, od dawna poświęcają dużo uwagi komputerowym modelom osobowości. Bodajże jednym z najślawniejszych był Aldous; potrafił on identyfikować tysiąc odrębnych sytuacji, na które reagował przejawianiem różnych uczuć i podejmował działanie zgodne z charakterem tych uczuć. Mógł także uczyć się samodzielnie i czerpać z poprzednich doświadczeń. Głównym zadaniem Aldousa było jednak przybieranie różnorodnych postaw wobec przedmiotów, które pojawiały się w jego otoczeniu. Jedne mu się podobały, inne go złościły, przerażały albo wywoływały w nim stan agresji. Nieraz też ulegał doznaniom tak sprzecznym, że nie potrafił zdecydowanie określić, co właściwie czuje. Podobnie jak człowiek.

Do tej pory sądzono, że sztuczne mózgi umieją tyl-

ko logicznie rozstrzygać kwestie ściśle opisywane. Nikt ich nie podejrzewał o umiejętności naśladowania czysto ludzkich uczuć. I oto proszę — na Uniwersytecie Kijowskim odtworzono w maszynie ponad 50 rodzajów stanów 'uczuciowych — między innymi ból, strach i zazdrość.

Czy maszyny zdołają jednak przeskoczyć ostatnią odróżniającą je od naturalnych struktur barierę świadomości? Niektórzy naukowcy uważają, że są one całkiem tego bliskie, że „wszystkie układy przekazujące informację w liczbie powyżej 10^8 bitów na sekundę powinny być świadome”. Świadomi tego faktu musimy się jednak uzbroić w cierpliwość.

Mat — koniec programu

Pozytywne wyniki we wszelkiego rodzaju grach byłyby, zdaniem naukowców, najpewniejszym sprawdzianem maszynowych zdolności do podejmowania decyzji, do orientowania się w sytuacji i do podporządkowywania się narzucanym z zewnątrz regułom. Maszyna zdolna rozstrzygnąć na swoją korzyść partię szachów czy trafnie zalicytować i rozegrać szlema w piki umożliwiłaby wreszcie konfrontację z człowiekiem w bezpośrednim pojedynku.

Takie maszyny już istnieją. Komputery grają z ludźmi w karty, warcaby, szachy, backgammona. Wiele udanych programów napisano też dla najbardziej pasjonującej, zdaniem fachowców, rozrywki intelektualnej świata — japońskiej gry GO.

Już przed wiekami konstruktorzy poświęcali dziesiątki lat pracy na opracowywanie tego typu urządzeń. Pokusa była nie byle jaka — cały trud mógł się sownie opłacić po paru pokerowych rozdaniach. Spośród dziesiątków bardziej lub mniej udanych maszynerii historia wyróżniła zbudowanego przez barona Wolfganga von Kempelena „Turka-szachistę”, który pod koniec XVIII w. walczył z ówczesnymi mistrzami (ponoć zmierzył się z Napoleonem i Fryderykiem Wielkim). Nie wiadomo tylko, do czego to osiągnięcie za-

liczyć: do historii techniki czy do historii wielkich oszustw. W skrzyni, na której umieszczono szachownicę, znajdował się bowiem znakomicie grający karzeł. Kiedy skrzynię dla demonstracji ukrytego w niej mechanizmu otwierano, karzeł przemieszczał się z jednej jej części do drugiej, a zamontowany w środku zestaw luster sprawiał wrażenie, że znajduje się tam jedynie układ dźwigni i linek. Według jednej z wersji tej historii niemiecki baron zbudował tę maszynę, by ułatwić ucieczkę pewnemu beznogiemu Polakowi przesładowanemu za przekonania polityczne na terenach zaboru rosyjskiego.

Dla kontrastu przypomnieć tu warto inne, tym razem już w pełni rzetelne dokonanie. Około 1890 roku hiszpański inżynier Torres y Quevedo wykonał elektromechaniczne urządzenie, które potrafiło dać mata królowi za pomocą króla i wieży. Wyprzedzając nieco fakty dodajmy, że identyczny problem rozwiązał komputer dopiero kilkanaście lat temu. Maszyna cyfrowa wygrywała w dowolnej tego typu sytuacji, przestrzegając programu uznającego następującą kolejność celów:

- 1 — wypchnąć króla przeciwnika ze środka szachownicy,
- 2 — trzymać swojego króla w pobliżu króla wrogiego,
- 3 — trzymać swoją wieżę blisko swojego króla.

Szachy do dziś pozostały dla maszyn podstawowym przedmiotem zainteresowań, mimo że po drodze poświęciły one część uwagi na opanowanie „kółka i krzyżyka”, warcabów, brydża czy japońskiej gry GO. Przy okazji pragnę uprzedzić osoby, które postanowiły w tym momencie nauczyć się programowania, że w grach całkowicie losowych, jak totolotek i ruletka, komputery nie odniosły żadnych sukcesów. Skupmy się zatem na szachach, dla których najwybitniejsi fachowcy komputerowi, tacy jak Claude Shannon i Alan Turing,

już na początku lat pięćdziesiątych opracowali teoretyczne podstawy wykorzystania maszyn cyfrowych. Pozwoliło to praktykom na pierwsze udane próby z komputerowymi szachami; w połowie lat pięćdziesiątych pojawiły się pierwsze trzy komputerowe programy szachowe, każdy działający na innej zasadzie.

Najwcześniej z problemem uporało się pięciu amerykańskich matematyków z Los Alamos, którzy zlecili maszynie przeszukiwanie wszystkich kombinacji ruchów, jakie występują w danej sytuacji (na kilka posunięć naprzód) i ocenę tych wariantów za pomocą prostej funkcji algebraicznej. Możliwość było jednak tak dużo (kombinacji w szachach jest 10^{120} ; liczbę tę trudno sobie nawet wyobrazić), że musieli oni zastosować mniejszą szachownicę (6 na 6 pól), usunąć gońców, nie dopuszczać roszad i przyjąć inne ograniczenia, które sprawiły, że to, w co grała maszyna, mocno odbiegało od prawdziwych szachów.

Odmienne rozwiązanie przedstawili naukowcy z IBM, którzy nakazali maszynie brać pod uwagę jedynie siedem najbardziej obiecujących kombinacji i sprawdzać, jak rozwinie się sytuacja w ciągu dwóch najbliższych posunięć. Maszyna IBM 704 grała jednak miernie z przyczyn, które dziś wydają się oczywiste, ale wtedy trudno je było sprecyzować. Dlatego też ludziom uczestniczącym w tych doświadczeniach szybko odechciało się zmagania z głupkowskim komputerem.

Ostatnią koncepcję z trzech inauguracyjnych zaprezentowali badacze A. Newell, J. C. Shaw i H. A. Simon, ukończywszy w 1958 roku złożony program nazwany od pierwszych liter ich nazwisk NSS. Jego zasadą nie było przeszukiwanie kolejnych kombinacji. Autorom chodziło o osiągnięcie konkretnego lokalnego celu (np. obronę króla, umocnienie pozycji jakiejś figury, utrzymanie równowagi materialnej) bez szczegółowego określenia, jak ów cel ma być realizowany. Za wykonanie

lokalnych celów były odpowiedzialne wprowadzone do komputera podprogramy, a program główny decydował, który z celów jest w danym momencie najbardziej istotny.

Żadne z tych trzech opracowań nie spełniło wszystkich pokładanych w nich nadziei. Przeciwnie, wykazały one, że komputeryzacja szachów jest zadaniem znacznie trudniejszym, niż się spodziewano, a zagłębianie się w nie ujawnia coraz nowe kłopoty. Oregdownicy maszyn spuścili nieco z tonu i zaczęli zwracać się o pomoc do psychologów, elektroników i do samych szachistów. Okazało się wtedy, że nawet znakomici gracze — z wykształcenia matematycy lub psychologowie — nie potrafią po zakończonej partii zrekonstruować swoich rozważań na tyle dokładnie, by można je postawić za wzór komputerowi.

Sprawa ponownie ruszyła z miejsca w 1966 roku. Wówczas bowiem Richard Greenblatt z Massachusetts Institute of Technology ułożył program, który wzbudził respekt nawet u nieźle grających szachistów. Program ten, nazwany MacHack-6, został zgłoszony do otwartych turniejów szachowych i uzyskał w nich kilka zwycięstw, otrzymując oceny w granicach 1400—1500 punktów. Punkty te wprowadziła Amerykańska Federacja Szachowa dla obiektywnego określenia poziomu gry. Amatorzy nie dostają z reguły więcej niż 1400 punktów, eksperci szachowi od 1900 do 2100 punktów, a najwyższy wynik w historii uzyskał arcymistrz międzynarodowy, Robert Fischer, zdobywając 2824 punkty.

Na przełomie 1966 i 1967 roku odbył się głośny mecz korespondencyjny między komputerami radzieckim i amerykańskim. Z jednej strony grał program opracowany w moskiewskim Instytucie Fizyki Teoretycznej i Doświadczalnej Akademii Nauk ZSRR, z drugiej — program napisany w 1962 roku jako praca

magisterska przez studenta MIT, A. Kotoka, i zmodyfikowany później w Stanford University. Spotkanie nie stało na wysokim poziomie, ale pokazało, że eksperymenty radzieckie są już bardzo zaawansowane. Nic dziwnego — uczestniczył w nich aktywnie arcymistrz Michał Botwinnik, który tak się w sprawę zaangażował, że zrezygnował nawet z udziału w eliminacjach do mistrzostw świata. Od 1970 roku rozgrywane są do roczne mistrzostwa Stanów Zjednoczonych w szachach komputerowych, w których zaczęły startować programy coraz wyższej klasy. Największe sukcesy odnosił tam program Davida Slate'a i Lawrence'a Atkina — naukowców z Northwestern University. Program ten nazywany CHESS 3.0 (numer zmieniał się potem, rosnąc w miarę doskonalenia programu) rozprawiał się gładko z konkurentami i wygrywał wszystkie po kolei (oprócz 1974 r.) mistrzostwa USA, miewając jedynie od czasu do czasu kłopoty z ulepszonym wariantem programu Greenblatt'a.

CHESS 4.0 wystartował na pierwszych mistrzostwach świata, które odbyły się w 1974 roku w Szwecji jako impreza towarzysząca kongresowi specjalistów od przetwarzania informacji. Wbrew oczekiwaniom nie zajął jednak pierwszego miejsca. Zwyciężył radziecki program „Kaissa”, który zadebiutował dwa lata wcześniej w turnieju przeciwko czytelnikom „Komsomolskiej Prawdy”. CHESS 4.0 nie zmierzył się jednak z „Kaissą” w bezpośrednim starciu. Do triumfu radzieckiej maszyny walenie przyczyniła się klęska innego amerykańskiego programu, nazwanego nomen omen „Chaos”, który dostarczył „Kaissie” większości punktów. Aby ostatecznie rozstrzygnąć, kto jest najlepszy, nie czekano na następne mistrzostwa świata. Zaaranżowano specjalną partię między oboma programami, która jednak przedłużała się w nieskończoność i, mimo

zmieniającej się wielokrotnie sytuacji, nie rozstrzygnęła kwestii pierwszeństwa.

Gdy w 1974 roku CHESS przegrał w komputerowych mistrzostwach kraju z opracowanym na Uniwersytecie Waterloo programem RIBBIT, wydawało się, że jego zawodnicza kariera należy już do przeszłości. Ale, podobnie jak w sporcie, stary mistrz zregenerował siły i wrócił na arenę po nowe laury. Jako CHESS 4.4, uruchomiony na dużym, bardzo szybkim komputerze firmy CDC z serii Cyber 170, nie tylko bez trudu zdobył krajowe mistrzostwo w 1975 roku, ale też otworzył następny rozdział w książkach, które będą kiedyś opisywać perypetie komputerowych szachów.

Na początku nikt tego przełomu nie zauważył. W teorii nie nastąpiły przecież istotne zmiany — po prostu trafiła się większa maszyna, która rozpatruje posunięcia z nieco większym wyprzedzeniem i szybciej podaje rezultaty. Nie przywiązywano również znaczenia do faktu, że latem 1976 roku CHESS 4.5 w znakomitym stylu ograł ludzi uczestniczących w jednym z lokalnych turniejów (fot. 14). Zamiast uznać siłę gry maszyny szukano innych przyczyn. „W czasie przerw między rundami roznoszono wino — tłumaczył jeden z zawodników — to w istotny sposób odbiło się na grze nas wszystkich z wyjątkiem komputera”.

Nie szukano już jednak takich usprawiedliwień, gdy w parę miesięcy później CHESS 4.5 triumfował w otwartych mistrzostwach stanu Minnesota, pozostawiając za sobą kilku graczy o dużej renomie. Wywołało to wielkie poruszenie w środowisku szachistów i w kwietniu 1977 roku CHESS 4.6 musiał rozegrać kilka pokazowych partii w Carnegie-Mellon University. Zdobyl tam ogromne uznanie, walcząc jak równy z równym w grach błyskawicznych (5 sekund na ruch) przeciw kilku mistrzom i pokonując jednego arcymistrza.

CHES 4.6 pojawił się oczywiście na drugich mistrzostwach świata, które zorganizowano w 1977 roku w Toronto. Tym razem bez problemów wygrał z „Kaissą”, która od poprzedniego ich spotkania również została znacznie zmodyfikowana. Kiedy jednak opromieniony sławą triumfator powrócił do kraju, zastał tam groźnego przeciwnika. W kolejnych mistrzostwach USA natknął się na napisany w Duke University program DUCHESS, który zmusił go do podzielenia się pierwszym miejscem.

Z rozwojem komputerowych szachów związane są dzieje pewnego osobliwego zakładu. W sierpniu 1968 roku znani badacze sztucznej inteligencji, J. McCarthy, D. Michie i S. Papert oraz uczonego o polskim nazwisku Kozdrowicki, podjęli wyzwanie szkockiego szachisty i informatyka, Davida Levy. Levy zaryzykował tysiąc funtów twierdząc, że przez najbliższe dziesięć lat żadna maszyna nie da mu rady. Na początku istotnie wszystko na to wskazywało — z kolejnymi komputerowymi przeciwnikami Levy rozprawiał się bez wysiłku i Kozdrowicki wycofał się przezornie ze swoimi 250 funtami. Pierwszą niespodziankę sprawił CHES 4.4, który w czasie partii wygrał wszystkie taktyczne pojedynki, zawodząc jedynie w strategii rozstrzygającej o końcu.

Na ostatnie, decydujące o losach zakładu spotkanie, czekano z wielkim napięciem. Rozpoczęło się ono w Toronto w końcu sierpnia 1978 roku. Oto fragment protokołu tego pamiętnego pojedynku:

- 26 sierpnia, partia nr 1 — remis,
- 27 sierpnia, partia nr 2 — Levy zwyciężył (CHES 4.6 poddał się po 54 ruchach),
- 1 września, partia nr 3 — Levy zwyciężył w 42 ruchach,

2 września, partia nr 4 — CHESS 4.6 zwyciężył (Levy poddał się po 54 ruchach),

3 września, partia nr 5 — Levy zwyciężył w 41 ruchach.

Wynik meczu brzmiał zatem 3 1/2 do 1 1/2 — Levy wygrał zakład. Przyznał jednak uczciwie, że niewiele mu brakowało do porażki i wielkodusznie prolongował umowę na następne dwa lata. Decyzja rozsądna, choć nieco ryzykowna. Na jego miejscu bałbym się przedłużyć zakład o kolejne dziesięciolecie, a bodaj nawet o pięć lat.

Wiadomości o pojedynkach Levy'ego z komputerem wywołały w Europie niezwykle zainteresowanie, postanowiono więc w Hamburgu, na oczach wielomilionowej publiczności, rozegrać pokazówkę pod egidą zachodniemieckiej telewizji, która zrobiła z tego pasjonujący program. Widzowie byli na bieżąco informowani o liczbie kombinacji, jakie uwzględniał komputer. Pierwszy ruch Levy'ego postawił maszynę przed wyborem jednego z 20 wariantów. Zabicie pionka zwiększyło liczbę kombinacji do 400. Po drugim ruchu było ich już 72 tysiące, po trzecim 9,1 miliona. Zakończenie otwierającej dziesiątki ruchów zmuszało maszynę do oceny 169 518 829 100 544 000 000 000 000 możliwości. Program CHESS 4.8 pracował na macierzystej maszynie Cyber 176, stojącej w ośrodku obliczeniowym w Minneapolis i zdolnej do wykonywania 15 milionów elementarnych operacji na sekundę. To, że decyzja dotycząca każdego ruchu musiała przebywać 160 tys. kilometrów przez połączenia satelitarne, niewiele wpływało na szybkość i logikę kolejnych posunięć. Wkrótce po rozpoczęciu gry komputer uzyskał sporą przewagę. Komentujący rozgrywkę wielokrotny mistrz szachowy RFN nie wytrzymując emocji w pewnym mo-

mencie zawyrokował: „Białe przeliczyły się, czarne wygrywają”. Jednakże Levy, który grał białymi, zmobilizował się i z ogromnym trudem doprowadził do remisu.

„Komputer nie dorównał człowiekowi” — ten tytuł znalazłem w gazecie, która ukazała się nazajutrz po meczu. Dziennikarz, obserwujący spotkanie z nie ukrywaną satysfakcją, relacjonował je jako kolejny triumf człowieka, niezbity dowód na utrzymywanie się przewagi ludzkiego intelektu nad maszynowym. No cóż, są tacy, którzy potrafią się cieszyć bez powodu. Po pierwsze, maszyna nie przegrała, lecz zremisowała, utrzymując przez dłuższy czas znaczną przewagę. A przecież Levy, reprezentujący w tym meczu rodzaj ludzki, jest wyśmienitym graczem, znacznie przewyższającym przeciętnego szachistę. Dziesięć przewidzianych zakładem lat spędził ponadto na intensywnym treningu i we wspomnianej Amerykańskiej Federacji Szachowej otrzymał 2380 punktów. CHESS 4.6 oceniano na 2080 punktów, czyli na górnym pułapie szachowych ekspertów. Sam zresztą Levy lojalnie przyznał, że nie ma wątpliwości, iż wkrótce znajdzie się komputer, który go pokona. Wyznaczył nawet nagrodę dla informatyka, który ułoży pierwszy taki program (przeznaczył na to tysiąc dolarów, a popularnonaukowy magazyn *Omni* dołożył jeszcze cztery tysiące). Po drugie, czy gdyby maszyna wygrała, byłby to istotnie powód do zmartwienia? Dla Levy’ego pewnie tak. Dla nas stanowiłoby to raczej świadectwo potęgi powstałej dzięki nam cywilizacji, która potrafiła stworzyć tak znakomite narzędzie i, co więcej, nie musiała się obawiać jego użycia.

Pamiętajmy przy tym, że do historii szachów, która liczy parę tysięcy lat, maszyny cyfrowe weszły dopiero dwadzieścia pięć lat temu. A są już tak dobre! Ciekawe, że w artykułach śledzących rozwój komputerowych szachów odbija się dokładnie stanowisko opinii

publicznej wobec wszystkich osiągnięć zmierzających do stworzenia inteligentnych maszyn. Najpierw były zachwyty nad urządzeniami, które ledwie, ledwie potrafiły naśladować niektóre objawy działania naszego umysłu. Podziw mocno na wyrost, zważywszy, jak prymitywne było to naśladownictwo. Potem nastąpiło znużenie tematem i lekkie zniecierpliwienie brakiem natchnionych postępów. Wreszcie, gdy okazało się, że w pewnych przypadkach maszyny osiągają ludzki poziom, narodziło się poczucie zagrożenia i zazdrość. Wszyscy na wyścigi starają się udowodnić, że maszyny nie są wcale aż tak pojętne, i wykazać, czasem na siłę, ich intelektualne niedostatki.

Jeśli zaś chodzi o grę w szachy z maszyną cyfrową, to wiosną 1979 roku obiegiwała opinia formułowana była następująco: „Komputery dają sobie radę ze średnimi przeciwnikami, z mistrzami jednak nie mają żadnych szans. Są one bowiem zbyt zasadnicze, sztywno przestrzegają wyuczonych formuł, nie dostrzegają niuansów decydujących nieraz o przebiegu partii. Dlatego z góry skazane są na porażkę w walce z dobrym zawodnikiem, który czuje «ducha gry» i czasem podświadomie wybiera optymalne posunięcie”.

Pogląd taki, odpowiadający sytuacji z początku lat siedemdziesiątych, dzisiaj, choćby w zestawieniu z opisanymi powyżej osiągnięciami programu CHESS, jest już wyraźnie przestarzały. Badania psychologów, porównujących już przed piętnastu laty grę człowieka i maszyny, wykazały, że nawet wielcy mistrzowie myślą w sposób stereotypowy i że ich zdawałoby się intuicyjne decyzje dają się ująć w postaci programu. Podstawowa różnica między grą ludzką i maszynową, ujawniona przez te badania, świadczy raczej na korzyść maszyn. Stwierdzono, że człowiek, gdy raz zacznie rozważać określoną koncepcję gry, pograża się w niej tak głęboko, że rzadko potrafi zrezygnować i podjąć inną,

bardziej skuteczną akcją. Komputer natomiast nie angażuje się emocjonalnie we własne plany i zawsze jest gotów do ich obiektywnej weryfikacji. Dlatego też i Botwinnik, i naukowcy amerykańscy są zgodni w swoich prognozach: za mniej więcej dwadzieścia lat żaden człowiek nie pokona już grającej w szachy maszyny.

Na czas najbliższy zapowiadane są natomiast kolejne modyfikacje CHESS-a i innych, pojawiających się ostatnio jak grzyby po deszczu programów szachowych. Michał Botwinnik oznajmił, że kończy prace nad systemem komputerowym „Pionier”, po którym wiele sobie obiecuje. Dalszy szybki postęp w tej dziedzinie jest wielce prawdopodobny, bo nie wykorzystano jeszcze paru obiecujących pomysłów. Zauważmy na przykład, że opisywane do tej pory rozwiązania dotyczyły programów wprowadzanych do komputerów, które przeznaczone były w zasadzie do całkiem innej pracy. Zbudowanie maszyny zaprojektowanej wyłącznie do gry w szachy powinno dać znacznie lepsze efekty. Dowiódł tego niedawno Greenblatt konstruując specjalną maszynę szachową, której struktura wewnętrzna jest dostosowana do opisu sytuacji na szachownicy i wykonywania operacji charakterystycznych dla decyzji podejmowanych w czasie rozgrywki. Dzięki temu mogła ona uporać się z każdą taką operacją w czasie około 40 nanosekund, czyli przygotowywać się do następnego ruchu o dwa rzędy wielkości krócej.

Na zakończenie przyjemna wiadomość dla wszystkich, którzy po przeczytaniu tego rozdziału nabrali ochoty na szachowy pojedynek z maszyną. Przed kilku laty pojawiły się w sklepach niektórych krajów małe komputerki Chess Challenger, zaprogramowane właśnie do tego celu. Wyglądały jak niewielka szachownica zaopatrzona w kilka klawiszy i dwa ekraniki (fot. 15). Człowiek sygnalizuje klawiszami wykonywany

ruch, a maszyna odpowiada wyświetlając współrzędne pól oznaczające posunięcie, jakie należy zrobić w jej imieniu. Urządzenie to zachowuje się bardziej tolerancyjnie niż zwyczajny przeciwnik. Może grać białymi lub czarnymi, doprowadzając do szachu zapala ostrzegawcze światełko i wyrozumiale pozwala człowiekowi cofać ruchy.

Konkurencja dała szybko znać o sobie i wkrótce inna firma rozpoczęła kampanię reklamową doskonalszego urządzenia. Miało ono wymiary prawie kieszonkowe, a możliwości wcale nie takie małe. Komputer ten ma bowiem regulowaną siłę gry — potrafi walczyć z ludźmi o rozmaitych umiejętnościach na pięciu poziomach — od początkującego po zaawansowany. Jest także wyposażony w ekraniki i 16 klawiszy, ale szachownicę trzeba już mieć własną. Projektanci uznali, że prawdziwi szachiści są zbyt przyzwyczajeni do swojego sprzętu. Już po uruchomieniu produkcji zorientowano się, że mikroprocesor, stanowiący najważniejszą część urządzenia, mógłby dać sobie radę z jeszcze trudniejszymi problemami, niż początkowo sądzono. Dorobiono więc szybko szósty poziom — mistrzowski. Jakość gry przeszła nawet oczekiwania konstruktorów. Uradowane kierownictwo firmy wydelegowało natychmiast swoich wysłanników do Hong-Kongu. Spotkali się tam oni z przedstawicielami mistrza świata Anatola Karpowa i przekazali wyzwanie do walki. Karpow, świeżo po pokonaniu Wiktora Korcznoja, odmówił jednak, choć oferta była nader atrakcyjna finansowo. Może uznał tę propozycję za żart, a może obawiał się przypadkowej porażki z przebiegłym komputerkiem kosztującym zaledwie sto dolarów.

Jestem człowiekiem mechanicznym

Dotkliwą wadą maszyn pretendujących do miana inteligentnych jest to, że nie można z nimi rozmawiać, jak rozmawia się z kolegą. Człowiek, aby się porozumieć z komputerowym współpracownikiem, musi zapomnieć o własnej elokwencji i zniżyć do poziomu narzuconego przez maszynę. A przecież chciałoby się konwersować z komputerem na dowolny temat tak, jak się to zwykło robić w życiu codziennym. Maszyna jednakże nic by z tego nie pojęła — do niej trzeba się zwracać nie po polsku, angielsku czy rosyjsku, ale w jednym z języków programowania. Języki te wymyślono z chwilą pojawienia się maszyn cyfrowych i nie istnieją one poza tymi maszynami w naturalnym świecie — dlatego też są niezbyt wygodne do opisu pewnych oczywistych dla nas zjawisk, które wymykają się matematycznym szablonom. Spróbujcie choćby wyrazić radość z zieleniącej się na wiosnę trawy, czy sprecyzować pojęcia miłości i wolności w Algolu lub Fortranie.

Gdyby nie ogromne trudności wynikające z przekazania komputerom naszej składni, reguł gramatycznych i znaczenia słów w potocznym języku, konwersacja z maszynami dawno byłaby faktem dokonanym. Naukowcy starali się doprowadzić do tego usilnie i na różne

sposoby. Wciąż jednak nie dotarli do upragnionego celu: maszyny dyskutującej z człowiekiem swobodnie i rozsądnie. Ich starania rozbijają się o nieprecyzyjność ludzkiej mowy, nieporozumienia wynikające z wielu możliwych znaczeń tego samego wyrazu, treści przysłów, przenośni i aluzji. Maszyna, udzielając odpowiedzi na najprostsze pytania, potyka się bez przerwy o błędne końcówki, niewłaściwie użyte zaimki, nie chwyta kontekstu, źle planuje szyk wyrazów w zdaniu.

Prowadzone przez komputery dialogi tylko z rzadka zbliżają się do swobodnej pogawędki, jaką możemy usłyszeć w każdej chwili w pociągu lub na przystanku autobusowym. Dotyczy to również krótkiej rozmówki, którą przytoczyłem na samym początku tej książki. Wybrałem wówczas fragment, który brzmiał w miarę płynnie — teraz chciałbym przedstawić całość bez żadnych cięć i retuszków, dokonanych dla usunięcia niepotrzebnych wątków. To, co mówi maszyna, wyróżnione zostało dużymi literami — w takiej zresztą formie komputer drukuje lub wyświetla swoje odpowiedzi (tyle tylko, że nie uwzględnia specyficznych dla języka polskiego kreseczek i ogonków w literach typu ą, ć, ł, ó):

— Cześć!

JAK SIĘ MASZ. SFORMUŁUJ, PROSZĘ, SWÓJ PROBLEM.

— Potrzebuję przykładu do mojej książki.

TWOJEJ KSIĄŻKI?

— Tak, do mojej książki o komputerach. Czy możesz mi pomóc?

JESTEŚ JAKBY DLA MNIE NIEUPRZEJMY.

— Nie miałem zamiaru.

MÓWISZ, ŻE NIE MIAŁEŚ ZAMIARU.

— To prawda. Co wiesz o komputerach?

CZY KOMPUTERY CIĘ NIEPOKOJĄ?

— Wcale nie. Myślę, że mogą być bardzo użyteczne.

CZY MOŻESZ O TYM SZERZEJ OPOWIEDZIEĆ?

— Komputery odgrywają zasadniczą rolę w funkcjonowaniu naszego społeczeństwa.

DLACZEGO ZWRÓCIŁEŚ UWAGĘ AKURAT NA KOMPUTERY?

— Dlatego, że książka im właśnie będzie poświęcona.

CZY TO JEST PRAWDZIWA PRZYCZYNA?

— Oczywiście. Czasami ciężko się z tobą rozmawia.

CO POWODUJE, ŻE MYŚLISZ, IŻ CIĘŻKO SIĘ ZE MNĄ ROZMAWIA?

— Odpowiadasz krótkimi stylizowanymi zdaniami.

DYSKUTUJEMY O TOBIE — NIE O MNIE.

— Myślałem, że dyskutujemy o komputerach.

JAK SĄDZISZ, CO MASZYNY MOGĄ PORADZIĆ NA TWOJE PROBLEMY?

— Moim jedynym problemem jest zmuszenie cię do kontynuowania rozsądnej wymiany zdań.

DLACZEGO MÓWISZ, ŻE TWOIM JEDYNYM PROBLEMEM JEST ZMUSZENIE JA DO KONTYNUOWANIA ROZSĄDNEJ WYMIANY ZDAŃ?

— Nie wyrażasz się zbyt gramatycznie.

OCH, NIE WYRAŻAM SIĘ ZBYT GRAMATYCZNIE.

— To prawda. Czy znasz różnicę między mianownikiem i dopełniaczem?

TAK NAPRAWDĘ, TO NIE MÓWISZ TEGO CHYBA O MNIE — PRAWDA?

— Mówiłem o tobie, ale chciałbym zmienić temat.

CZY MASZ JAKIŚ SPECJALNY POWÓD?

— Powód jest taki, że chciałbym zdobyć interesującą konwersację jako przykład do tej książki.

CZYLI WŁAŚCIWIE JAKĄ?

— Taką, żeby czytelnicy się nią nie znudzili.

NIE JESTEM PEWIEN, CZY ROZUMIEM CIĘ W PEŁNI.

— Ty w ogóle nie rozumiesz zbyt wiele.

CO CZUJESZ W TEJ CHWILI?

— Czuję, że jestem prawie gotów się poddać.

POWIEDZ MI WIĘCEJ O TYM UCZUCIU.

— Już dojechaliśmy prawie do końca strony, mogę zatem przerwać ten wywiad.

CO BY BYŁO, GDYBYŚ ZAŁOŻYŁ, ŻE NIE DOJECHALIŚMY DO KOŃCA STRONY?

— Wtedy musielibyśmy ciągnąć tę niemądrą zabawę nieco dłużej.

KONTYNUUJ, PROSZĘ.

— To wszystko, co miałem do powiedzenia. Czy ty nigdy się nie męczysz?

BYĆ MOŻE TO ISTOTNIE WSZYSTKO, CO BYŁO DO POWIEDZENIA.

— Tak. Do widzenia.

WYDAJESZ SIĘ CAŁKIEM W PORZĄDKU.

Zacytowany dialog jest rezultatem jednego z konwersacyjnych eksperymentów z maszyną i pochodzi z drugiej połowy lat sześćdziesiątych. Wśród wielu badaczy podobne wyniki wywołały wówczas niemal entuzjizm — wydawało się, że komputer jest zdolny do prowadzenia bezpośredniej wymiany zdań. Z dzisiejszej perspektywy widać jednak, jak bardzo powyższa rozmowa jest daleka od doskonałości. Już od początku można się zorientować, że uczestniczy w niej ktoś niezbyt bystry. Gubi on wątek do tego stopnia, że momentami jakby tracił równowagę psychiczną — już w trzeciej kwestii mieliśmy bezpodstawne oskarżenie o brak uprzejmości. Maszyna tylko z grubsza biorąc reaguje poprawnie; łatwo wyczuć, że nie panuje nad kierunkiem, w którym biegnie ta rozmowa. Chwilami wydaje się nawet, jakby chciała dyskutować o czymś innym. Dlaczego tak się stało, wyjaśnimy dokładniej w następnym rozdziale.

Na razie anegdotyczna historyjka, która, według informatyków, wydarzyła się naprawdę. Pewna ważna fi-

gura w firmie sprzedającej komputery postanowiła porozmawiać z kolegą za pośrednictwem dalekopisu, nie wiedząc, że przez przypadek został on połączony z komputerowym systemem konwersacyjnym. A oto przebieg tej rozmowy:

— Czy myślisz, że mogę dziś rano użyć komputera?

CZEMU PYTASZ?

— Pewnie będę miał okazję sprzedać dodatkowo kilka systemów komputerowych.

— CZEMU NIE JESTEŚ PEWNY?

— Moi przyszli klienci nigdy jeszcze nie widzieli takich urządzeń.

CZY JEST TO DLA CIEBIE WAŻNE?

— Tak, oczywiście.

WYGLĄDA NA TO, ŻE JESTEŚ TEGO BARDZO PEWNY.

— To śmieszne.

CO MASZ NA MYŚLI MÓWIĄC, ŻE TO ŚMIESZNE?

— Czy jest jakiś powód, dla którego nie mogę teraz użyć komputera?

POWIEDZ MI COŚ JESZCZE O SWOICH PRZYSZŁYCH KLIENTACH.

To już przekroczyło granice wytrzymałości nerwowej poważnego handlowca — maszyna rzeczywiście była tak nieudolna, że nie sposób było dojść z nią do ładu. Ochłonawszy trochę biznesmen porozumiał się ponownie z kolegą, o dziwo z podobnym skutkiem:

Ważna figura: — Czemu zachowujesz się wobec mnie po szczeniacku?

Zaspany kolega: — Co masz na myśli mówiąc, że zachowuję się wobec ciebie po szczeniacku?

Z przykładów tych widać, jak wiele pułapek językowych zastawia na biedną maszynę potoczna konwersacja. Cóż z tego, że komputer potrafi prawidłowo operować złożonymi konstrukcjami stylistycznymi, skoro

drobny błąd — przegapienie konieczności zamiany mianownika na dopełniacz — dyskredytuje ją bez reszty. By wybrnąć z tych trudności trzeba było się uciec do pomocy lingwistów. Ze wspólnych prób matematycznego opisu języka zrodziła się nawet nowa dyscyplina naukowa zwana lingwistyką matematyczną.

Pierwsze programy konwersacyjne dotyczyły spraw najprostszych, w których łatwo było o jednoznaczne odpowiedzi. Nieprzypadkowo maszyny sprzed lat dwudziestu angażowano do wygłaszania ogólnikowych uwag o pogodzie, sporcie i sytuacji rodzinnej. Od tego przecież zaczynają się zwykle rozmowy między nieznanymi. W prowadzeniu owych elementarnych dialogów wyróżniał się ukończony w 1960 roku program BASE-BALL przeznaczony, jak łatwo się domyślić, do udzielania odpowiedzi na temat amerykańskiej ligi baseballowej. Po każdej kolejce rozgrywek wprowadzano do pamięci maszyny informację w następującym porządku: rok, miesiąc, miejsce, numer gry, dzień (drużyna, wynik), (drużyna, wynik). Pytanie dotyczące tych faktów można było zadawać w naturalnej formie, ale bez zmuszania komputera do samodzielnych ocen z gatunku: który zespół jest najbardziej obiecujący? Maszyna budziła zachwyt kibiców z równą swobodą podając, z kim przegrały „Czerwone Skarpetki” 5 lipca, co rozstrzygając trochę trudniejsze problemy. „Czy wszystkie drużyny grały co najmniej raz na własnym boisku w każdym miesiącu w ciągu ostatniego sezonu?”

W tym samym mniej więcej czasie ogłoszono wiadomość o zbudowaniu przez amerykańską firmę Autonetics maszyny o nazwie Agile, która mogła samodzielnie układać odpowiedzi, nie zaś, jak dotychczasowe urządzenia, korzystać jedynie z gotowych wzorów zdań. Ponadto maszyna była informowana przez rozmówcę o poprawności własnych sądów. Oto próbka:

- Czy jesteś człowiekiem?
 NIE, CZŁOWIEKIEM MECHANICZNYM. „Źle”
- Jesteś człowiekiem?
 NIE, JESTEM CZŁOWIEKIEM
 MECHANICZNYM. „Źle”
- Kim jesteś?
 JESTEM MASZYNĄ. „Dobrze”
- Jesteś człowiekiem?
 — NIE. „Dobrze”
- Jesteś maszyną?
 CZY JESTEM ZŁĄ MASZYNĄ?

Jeszcze efektowniej wypadły maszyny w dyskusjach na tematy z nauk ścisłych. Na tym, niejako własnym gruncie czuły się one znacznie pewniej i niejednokrotnie przewyższały rozmawiających z nimi ludzi. W przeprowadzonym w 1967 roku dialogu, który za chwilę przytoczymy, maszyny używa się do rozwiązania prostego zadania. Człowiek rozpoczyna konwersację przekazując niezbędne dane:

- Pole koła jest równe pi razy promień koła podniesiony do kwadratu. Powierzchnia kuli jest równa pi razy średnica kuli podniesiona do kwadratu. Pole kwadratu jest równe bokowi kwadratu podniesionemu do kwadratu. Średnica jest równa dwóm promieniom. Promień piłki jest równy 10. Jaka jest powierzchnia piłki?

CZY MOGĘ ZAŁOŻYĆ, ŻE PIŁKA TO KOŁO?

— Nie.

CZY MOGĘ ZAŁOŻYĆ, ŻE PIŁKA TO KULA?

— Tak.

POWIERZCHINIA PIŁKI WYNOSI 1256,6371.

Dialog dość oszczędny i trudno go uznać za ożywioną rozmowę, ważne jednak, że prowadził do pożytecznego wyniku. Ogólnie rzecz biorąc, rozmowy z maszynami uzyskały opinię bardziej rzeczowych i naturalnych niż wyniki podobnych prób prowadzonych rów-

noległe ze zwierzętami. Jednakże, choć nawiązanie komunikacji ze zwierzęciem jest znacznie trudniejsze, to bywa zazwyczaj dużo ciekawsze z intelektualnego punktu widzenia, zmuszając nieraz do pewnych filozoficznych uogólnień.

Poszukiwania kontaktu ze zwierzętami mają na celu nie tylko lepsze poznanie tych istot lub walkę z naszym gatunkowym zarozumiałstwem (już Kartezjusz twierdził, że mowa jest jedyną cechą różniącą ludzi od zwierząt). Chodzi również o hodowlę zwierząt, które będą rozumiały sens wydawanych im poleceń i stosując się do nich potrafią wykonywać złożone prace, współdziałając także z maszynami. Tak jak język zwierząt można uznać za coś pośredniego między językiem ludzkim i komputerowym, tak same zwierzęta miałyby się stać łącznikiem między człowiekiem a maszyną. Koncepcję taką rozpatruje się zupełnie serio — jeden z najpoważniejszych ośrodków badań perspektywicznych, Rand Corporation, zaprosił nawet ekspertów do oszacowania, kiedy to nastąpi.

Już zresztą dotychczasowe wyniki osiągnęte w porozumiewaniu się z delfinami stwarzają realną szansę na użycie tych zwierząt do obsługi podwodnych urządzeń. Ostatnio zrobiono duże postępy w dialogach z małpami. Sławna już szympansica Washoe za pomocą gestów potrafi wyrazić ponad 130 pojęć. Nie tylko prostych, jak: „szczoteczka do zębów”, „kot” czy „dziecko”, ale i bardziej abstrakcyjnych: „słodki”, „w górę”, „więcej”, a nawet „żeby”. Washoe urodziła się w Afryce i dopiero w wieku 10 miesięcy „wyemigrowała” do Stanów Zjednoczonych. Dlatego też nauczanie jej trwało bardzo długo i dopiero po latach zaczęła łączyć ze sobą poszczególne gesty języka głuchoniemych, tworząc sensowne zdania: „czas” + „jeść” + „daj mi” + „słodkie”. „Mądra” + „Washoe” odpowiada instruktor i szympansica cieszy się jak dziecko. Sara, małpa szkolona na uniwersytecie



Rys. 14

w Santa Barbara, nauczyła się natomiast szybko czytać i pisać za pomocą znaków, których kilka przedstawia rysunek 14.

Okazało się też, że małpy potrafią posługiwać się maszynami cyfrowymi. Szympan-sicy Lucy na Uniwersytecie Nevada pozwolono operować klawiaturą systemu komputerowego. Małpa nie tylko dawała sobie nie-

źle radę, wyświetlając na ekranie monitora poprawne znaki, ale przy okazji nauczyła się nowych pojęć (ta sama Lucy udzieliła kiedyś wywiadu dziennikarzowi *New York Timesa*, który opanował system stosowanych przez nią znaków). Podobny eksperyment z maszyną cyfrową wykonała Lana z Ośrodka Badań Naczelnych w Atlancie. Lana mieszka w plastikowym pudle i rozmawia ze swoim opiekunem za pośrednictwem komputera PDP. Maszyna zapisuje też wszystko, co Lana stara się wyrazić oraz wykonuje proste polecenia małpy — dostarcza jedzenia, otwiera okno, włącza muzykę, wyświetla ciekawe slajdy. Dla ułatwienia kontaktu na klawiszach komputerowej końcówki umieszczono łatwe do odróżnienia figury geometryczne symbolizujące słowa. Naciśnięcie przez małpę klawisza powoduje błyskawiczne przetłumaczenie słowa „małpiego” na angielskie.

Nie odbiega to zbyt od usiłowań zmierzających do zbudowania maszyny do tłumaczenia z jednego naturalnego języka na inny, co jest ambicją wielu zespołów naukowych na całym świecie. Dokonać tego można na rozmaitych szczeblach. Fotografia 16 pokazuje mechaniczne urządzenie do zamiany znaków między językami o różnych alfabetach — w tym wypadku jest to dekodery, używany do zapisywania liter łacińskiego alfabetu pismem chińskim. Urządzenie, powstałe na wydziale studiów orientalnych uniwersytetu w Cambridge, wygląda na urzeczywistnienie marzeń

wielu pokoleń tłumaczy. Jeden z nich stwierdził nawet, że książka chińska jest w gruncie rzeczy napisana po angielsku, tylko zaszyfrowana „chińskim kodem”.

Prototyp automatycznego słownika próbowano zresztą wykonać jeszcze przed wojną. Udany projekt przedstawił między innymi mieszkający we Francji Ormianin, Georges Artsrouni, który przez kilka lat budował maszynę „tłumaczącą z jednego języka na jakikolwiek z trzech innych” i dostał za nią nagrodę na wystawie w Paryżu w 1937 roku. Wyróżnienie sprawiedliwe, bo problem z technicznego punktu widzenia (i nie tylko technicznego) jest bardzo skomplikowany. Niby wiadomo na pierwszy rzut oka, co należy zrobić — są już przecież gotowe słowniki. Wystarczy przepisać ich zawartość do pamięci komputera, czyli nakazać maszynie przechowywanie odpowiadających sobie słów z obu języków. Tłumacząc, komputer odnajdywałby tylko w pamięci wyraz po wyrazie i drukował równoważne im terminy.

Rzecz tym bardziej wydaje się realna, że maszyny cyfrowe od dawna pomagają w sortowaniu i zestawianiu haseł przy redagowaniu klasycznych słowników. Niedawno naukowcy kanadyjscy z Uniwersytetu Victoria ogłosili, że zbliżają się do finału rozpoczętej w 1971 roku pracy, na którą ich dwujęzyczny kraj czeka z utęsknieniem. Chodzi o komputerowy słownik francusko-angielski, który ma zawierać 120 tysięcy haseł i zgodnie z zapowiedziami ma być „najlepszym tego typu na świecie”.

Inauguracyjną demonstrację komputerowych przekładów urządzono w Nowym Jorku w sierpniu 1954 roku. Maszynie IBM 701 kazano zapamiętać 250 wyrazów angielskich z ich rosyjskimi odpowiednikami. Zadany do tłumaczenia tekst zawierał wyłącznie wyrazy z tego zbioru w ich najprostszyc formach. Z tego nie wymagającego zbytniej inwencji zadania maszyna wywią-

А. Г. ЛУНЦ

ПРИЛОЖЕНИЕ МАТРИЧНОЙ БУЛЕВСКОЙ АЛГЕБРЫ К АНАЛИЗУ
И СИНТЕЗУ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫХ СХЕМ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 30 XI 1949)

- 5 В последнее время для анализа и синтеза релейно-контактных электрических схем параллельно-последовательного соединения с успехом используется аппарат булевой алгебры (¹⁻³). Но этого аппарата оказывается недостаточно для теории схем общего типа, а также для теории многополюсных схем. В настоящей статье предлагается для исследования такого рода использовать матричную булевскую алгебру и описывается ряд результатов, полученных в этом направлении.

§ 1. Матричная булевская алгебра

- 10 Пусть \mathfrak{B} есть некоторая булевская алгебра (¹). Будем рассматривать матрицы с элементами из \mathfrak{B} . Как и для обычных матриц (с элементами из поля), для матриц с элементами из \mathfrak{B} можно ввести операции сложения и умножения, которые мы будем записывать: $A + B$, $A \times B$. При этом также будут иметь место ассоциативные, коммутативный (для сложения) и дистрибутивный законы.

- 15 Введем понятие «определителя» квадратной матрицы с элементами из \mathfrak{B} , как суммы $n!$ слагаемых, составленных таким же образом, как и в обычном определителе n -го порядка. Такие определители будут обладать рядом свойств, аналогичных свойствам обычных определителей.

- 20 Для пары матриц с элементами из \mathfrak{B} мы введем еще операцию «булевского умножения», обозначив ее $A \cdot B = C$ и определив элементы матрицы C через элементы матриц A и B следующим образом:

$$c_{i,j} = a_{i,j} b_{i,j}$$

- 25 для всех индексов i и j .
Квадратную матрицу с элементами из \mathfrak{B} , по главной диагонали которой стоят единицы, будем называть «булевской», а множество булевских матриц n -го порядка с элементами из \mathfrak{B} обозначать \mathfrak{B}_n и называть матричной булевской алгеброй. Множество \mathfrak{B}_n и в самом деле является булевской алгеброй относительно операций сложения и булевского умножения. В дальнейшем только о матрицах из \mathfrak{B}_n и будет идти речь.

§ 2. Многополюсники

- 35 Каждую релейно-контактную схему (или часть схемы) можно назвать, указав непосредственную проводимость между ее узловыми точками. Поэтому на исследуемой электрической схеме выберем n точек (полюсов) M_1, M_2, \dots, M_n и будем изучать схему относительно этих точек. Обозначим непосредственную проводимость от полюса

Rys 15a

zała się bez zarzutu i zyskała znaczną popularność wśród czytelników prasy południowej. Oto jak wyglądało to w praktyce (rys. 15a-d): tekst rosyjski zastępuje komputer angielskim, podając w wątpliwych przypadkach po kilka angielskich znaczeń wyrazów rosyjskich (umieszcza je w nawiasach, wyróżniając dru-

(APPOSITION, Enclosure, Appendix, Application) MATRIX
BOOLEAN ALGEBRA (TO, Towards, By, For) ANALYSIS (AND, N)
SYNTHESIS RELAY-CONTACT (CIRCUIT, Diagram, Scheme).

(IN, At, Into, To, For, On, N) (LAST, latter, new,
latest, lowest, worst) (TIME, tense) FOR ANALYSIS (AND, N)
SYNTHESIS RELAY-CONTACT ELECTRICAL (CIRCUIT, diagram, scheme)
PARALLEL- (SERIES, successive, consecutive, consistent) (CON-
NECTION, junction, combination) (WITH, from) (SUCCESS, luck)
(TO BE UTILIZE, to be take advantage of) APPARATUS BOOLEAN
ALGEBRA. BUT THIS APPARATUS (TO FIND I-SELF, to turn out, to
be found, to prove) (INSUFFICIENT, inadequate, scanty) FOR
THEORY (CIRCUIT, diagram, scheme) (GENERAL, common) TYPE, (BUT,
and, yet, if, while) ALSO FOR THEORY MULTIPOLAR (CIRCUIT, dia-
gram, scheme) (IN, At, Into, To, For, On, N) (PRESENT,
gerund) (ARTICLE, item, clause) (TO BE OFFER, to be propose,
to be suggest) FOR (INVESTIGATION, research, analysis, explo-
ration, paper, essay) (SUCH, so, a sort of) (SORT, kind, family,
group, order, (TO UTILIZE, to take advantage of) MATRIX
BOOLEAN ALGEBRA (AND, N) TO BE DESCRIBE (ROW, series) RESULT,
ORDER (IN, at, into, to, for, on, N) THIS (DIRECTION, trend,
order, permit)

1 MATRIX BOOLEAN ALGEBRA

(LET, though) a (TO BE, to eat, O.K.) SOME BOOLEAN
ALGEBRA TO BE (TO CONSIDER, to examine, to discuss) MATRIX

15.

Rys. 15b

kowanymi literami sugerowaną przez siebie wersję). Ten szkic tłumaczenia jest następnie poprawiany przez znającego temat specjalistę, który decyduje o wyborze jednego z proponowanych znaczeń i koryguje szyk zdaniowy. W rok później wykorzystana w tym samym celu radziecka maszyna BESM pamiętała już 952 wyrazy

of
 1 ~~(Application, ~~Application~~ Appendix, Application) Matrix~~
 Boolean Algebra (To, ~~From~~, ~~By~~, ~~For~~) Analysis (And, ~~By~~)
 of
 Synthesis Relay-Contact (Circuit; ~~Diagram~~, ~~Scheme~~)

(In, ~~At~~, ~~Into~~, ~~To~~, ~~For~~, ~~On~~, ~~By~~) (Last, ~~Letter~~,

5 ~~new~~ ^{recent} ~~test~~, ~~lowest~~, ~~vers-~~) (time; ~~case~~) for analysis
 (L., N) synthesis relay-contact electrical (circuit;
 containing ~~Diagram, scheme~~) parallel-(series, successive, ~~consecutive~~,
~~consecutive~~) (union, junction, combination) of (with, from)
 has been ~~d~~ ^d ~~(to be utilized, to be taken advantage of)~~
 10 ~~the~~ ^{of} apparatus Boolean algebra. But this apparatus ~~(to find~~
~~a self, to turn out, to find, to prove)~~ ~~(insufficient,~~
~~inadequate, ~~some~~)~~ ^{the} ^{of} ~~for~~ theory (circuit; ~~diagram, scheme~~)
 of general, common) type, (~~but~~, ~~and~~, ~~yet~~, ~~if~~, ~~write~~) also.
^{possibly OK}
 the ^{of} multipolar (circuit; ~~diagram, scheme~~). (In
 15 ~~At, into, To, ~~From~~, ~~By~~, ~~For~~) (present, ~~some~~) (article,~~

166

Rys. 15c

angielskie i 1073 rosyjskie, dając sobie na tyle dobrze radę z zastępowaniem jednych drugimi, że zaprezentowano ją przebywającej w ZSRR amerykańskiej delegacji.

Gdy jednak próbowano tę koncepcję rozwijać, tworząc w pamięciach większe słowniki i dopuszczając do

A. G. Lurts

THE APPLICATION OF BOOLEAN MATRIX ALGEBRA TO THE
ANALYSIS AND SYNTHESIS OF RELAY CONTACT NETWORKS

Communicated by Academician A. B. Volynogorov, Nov. 30, 1949.

In recent times Boolean algebra has been successfully employed in the analysis of relay networks of the series-parallel type.⁽¹⁻³⁾ This algebra is inadequate, however, for a theory of more general networks and for a theory of multi-terminal networks. The purpose of the present paper is to employ a Boolean matrix algebra for investigations of this nature and to describe a series of results obtained along this line.

1. Boolean Matrix Algebra

Let α be a Boolean algebra.⁽⁴⁾ We will examine matrices composed of elements from α . As in the case of ordinary matrices (made up of elements from a field) we may define for matrices composed of elements from α the operations of addition and multiplication, which we will write as: $A + B$ and $A \times B$. The associative, commutative (for addition) and distributive laws apply in this case.

We introduce the concept of the determinant of a square matrix containing elements from α , as the sum of the

Rys. 15d

tłumaczenia coraz bardziej różnorodne materiały, sprawa utknęła w miejscu. Stwierdzono, że na ogół przekładanie tekstu w relacji jeden wyraz za jeden wyraz nie ma sensu. Dysponując pojedynczym odpowiednikiem dla każdego słowa uzyskujemy co prawda zazwyczaj poprawne zdanie w obcym języku, ale zbyt często

znaczy ono co innego albo wcale nic nie znaczy. Nakładają się na to jeszcze zasadzki, które kryją się w samych wyrazach — wystarczy wspomnieć klasyczny już błąd w przetłumaczeniu polskiego wyrazu „zakonnica” na niemieckie „Hinterreiterin” (no bo „hinter” znaczy „za”, a na konnicę mówiono kiedyś „Reiterei”). Nie było rady: dla dowolnego słowa należało zapamiętywać kilka jego najbardziej prawdopodobnych odpowiedników i uzależniać wybór od sprawdzenia kontekstu. Wszystkich słów z danego języka wraz z ich kontekstami nie da się jednakże upchnąć w pamięci maszyny.

Trudności te starano się obejść angażując do współpracy z komputerem zawodowych stylistów, którzy brali na siebie wszystkie zawilości językowe. Najpierw więc specjaliści od języka rosyjskiego przerabiali tekst wyjściowy tak, aby znalazły się w nim słowa mające tylko jedno znaczenie. Potem komputer zastępował wyraz po wyrazie ich angielskimi równoważnikami i do pracy przystępowali biegli w angielskim redaktorzy, którzy wygładzali chropowatości maszynowego tłumaczenia. Ale i ta kombinacja nie dawała stuprocentowej poprawności. Zdarzało się, że idea zawarta w oryginale gubiła się na którymś z trzech etapów obróbki. Przydarzało się to zwłaszcza w materiałach filozoficznych i utworach poetyckich, gdzie zawile myśli balansowały na wyszukanych konstrukcjach stylistycznych. Dlatego też powodzenie automatycznego przekładu ogranicza się, jak na razie, do literatury fachowej, której ściśle sprecyzowana tematyka limituje zasób używanych terminów. W tłumaczeniach artykułów matematycznych, medycznych lub technicznych z rzadka jedynie pojawiają się neologizmy, archaizmy czy słowa wymyślone przez autora. Sporo jest natomiast bardzo do siebie podobnych określeń specjalistycznych — są i takie, które mają dokładnie tę samą postać w kilku językach.

Podręczne komputerki-tłumacze mogą stać się nader użytecznym pomocnikiem człowieka. Naukowcy z Tuluzy zbudowali system, który przekłada francuski tekst na pismo Braille'a z szybkością prawie 10 stron dowolnego materiału na minutę. Umożliwia to niewidomym czytanie zwykłych książek i czasopism z prędkością większą niż osiągnięta za pomocą wzroku.

Kilka firm zaczęło już sprzedawać kieszonkowe słowniczki na układach scalonych. Wyposaża się je w najpotrzebniejsze terminy konieczne dla cudzoziemca, nie mającego zielonego pojęcia o języku kraju, w którym się znalazł. Spółka Franco-American Friends lansuje model wielkości minikalkulatora z wymiennymi kasetami (na każdej kasecie pamięci mieści się 7 tysięcy słów o długości nie przekraczającej 16 liter). Kiedy na jego klawiaturze wystukamy jakiś wyraz po angielsku, na przykład „friends”, niewielki ekranik wyświetla od razu „FRIENDS-AMIS”.

Niektóre z tych aparacików są czymś w rodzaju elektronicznych rozmówek — kompletu podstawowych formulek stosowanych w sklepie, w pociągu czy w restauracji. Czytelników, którzy licząc na komputery mają zamiar zrezygnować z nauki języków obcych, należy ostrzec przed zbyt dużym zaufaniem do umiejętności maszyny. Pewien nabywca tej mocno reklamowanej nowości wystosował pełen oburzenia list do gazety, która poleciła mu owo urządzenie. Twierdził, że wyrzucił je już pierwszego dnia po nieudanej konwersacji w dworcowym sklepie. Zadał sprzedawcy pytanie: „Czy mogę zapłacić kartami kredytowymi?” i zamiast odpowiedzi zmuszono go do... kupna kart do gry.

Na chorobowym

Pora usprawiedliwić niezręczności, jakie w rozdziale poprzednim popełniła maszyna podczas spotkań z pisarzem i handlowcem. Nie jest bowiem jej winą, że nie umiała rozmówić się na temat książki o komputerach, zbaczając uporczywie na teren niepokojów, uczuć, stanu ducha itp., podczas gdy rozmówca nie był wcale przygotowany na tego rodzaju sondaż. Nieporozumienie wynikało po prostu stąd, że w eksperymencie brała udział maszyna zaprogramowana do dialogów psychiatrycznych. I stało się to nieprzypadkowo. Trzeba przyznać, że wybór tej dziedziny był nader rozsądny. Chodziło przede wszystkim o ograniczenie słownictwa i sytuacji, aby maszynie łatwiej było się orientować. Chodziło także i o to, że w dialogach psychiatrycznych mniej rażą gubione wątki, nieoczekiwane stwierdzenia bądź powtarzanie wypowiedzianej przed chwilą frazy. Nie obruszamy się wtedy na nieporadność komputera, lecz każde potknięcie tłumaczymy sobie jako przebiegły i świadomy chwyt psychologa.

W służbie psychiatrii maszyna spisywała się dzielnie. Wielu pacjentów nawet nie podejrzewało, że mają do czynienia z automatem. Badani swobodnie odpowiadali na pytania, mówili o swoich problemach zawodowych, o rodzinie, o samopoczuciu — takie właśnie wywiady należały do zakresu obowiązków komputera.

Przy tym nie łudzono się bynajmniej, że potrafi on zastąpić lekarzy, raczej ze zdziwieniem zauważono, że jednak komputerowi udaje się to w pewnej mierze, skoro po kilku minutach rozmowy jest gotów do wydania opinii o stanie zdrowia pacjenta. Opinia ta pokrywała się zazwyczaj z późniejszą diagnozą lekarską. Lekarz zatem zyskiwał na czasie i korzystając ze wstępnego wywiadu maszyny podejmował bardziej szczegółowe indagacje. W ćwiczeniach psychoterapeutycznych maszyna również dowiodła, że umie obchodzić się z pacjentem. Nie zawsze co prawda okazywała wymaganą wnikliwość, rzadko też zdobywała się na prawdziwie błyskotliwe repliki, ale nad człowiekiem-psychiatrą górowała zwykle spokojem, cierpliwością i konsekwencją w postępowaniu. Jaki lekarz zniósłby na przykład takie prowokacje pacjenta, jak w poniższym dialogu:

— Nie rozumiem cię.

A CZY CHCESZ ZROZUMIEĆ?

— Nienawidzę cię, głupio maszyno.

CO CI SIĘ WE MNIE NIE PODOBA?

— Jesteś pozbawiona uczuć.

CO MASZ NA MYŚLI?

— Chodzi mi o to, że nie potrafisz doświadczać tego, czego ja doświadczam, bo jesteś tylko maszyną.

POWIEDZ MI COŚ WIĘCEJ O TYCH UCZUCIACH.

— Brakuje nam porozumienia.

ROBIĘ, CO MOGĘ, ŻEBY SIĘ Z TOBĄ POROZUMIEĆ.

Jednym z bardziej efektownych programów psychiatrycznych może się pochwalić Uniwersytet Stanford w Kalifornii. Program ten nazwano „Parry”. „To parry” znaczy po angielsku „odparować”, ale także „dać wymijającą odpowiedź”, choć równie dobrze mógłby to być skrót od „paranoik”. „Parry”, któremu kazano zachowywać się tak, jak człowiek cierpiący na

zaburzenia umysłowe, miał kształcić studentów medycyny w umiejętnym wypytywaniu chorych w celu zebrania wszystkich niezbędnych dla lekarza informacji: Zacytujmy początek takiego treningowego wywiadu:

— Co było powodem, że znalazłeś się w szpitalu?
JESTEM ZUPEŁNIE WYTRĄCONY Z RÓWNOWAGI.

— Co właściwie wytrąciło cię z równowagi?
LUDZIE MNIE CZASEM DENERWUJĄ.

— Czym cię denerwują?
ZŁOŚCI MNIE, KIEDY STAŁE SIĘ NA MNIE GAPIĄ.

Maszyna, jak widać z powyższej próbki, poczyną sobie rezolutnie i symuluje chorobę w sposób całkiem przekonujący. Biada jednak studentowi, który w swej pogardzie dla techniki zlekceważy maszynę sądząc, że zaprogramowano ją wyłącznie do skierowania go na trop banalnej nerwicy. Niedoceniony „Parry”, gdy tylko zauważy, że student ustalił już swoją diagnozę, natychmiast zmienia front. Mówi nad podziw rozsądnie, zastawia intelektualne pułapki i dąży do ośmieszenia przemądrzałego rozmówcy. Zdarza się, że zirytowany jakimś niezbyt delikatnie postawionym pytaniem wywołuje scysję, rzuca kilka mocnych słów, obraża się i przerywa konwersację. Wpływa to oczywiście ujemnie na ocenę przygotowania zawodowego adepta wiedzy psychiatrycznej.

Aby określić stopień użyteczności prowadzonych z „Parrym” dialogów, spisano je i przemieszano z wywiadami tradycyjnymi, przeprowadzonymi w jednym z zakładów dla nerwowo chorych. Całą tę dokumentację otrzymali najwybitniejsi psychiatrzy z prośbą, by poseregowali wywiady na „ludzkie” i „komputerowe”. Niemal dokładnie pięćdziesiąt procent odpowiedzi było chybionych. Taki sam wynik dałoby typowanie na ślepo. Maszyna wczuła się więc idealnie w swoją rolę.

Współczesne maszyny okazały się zresztą przydatne w innych działach służby zdrowia. W tej najważniejszej dla ludzkości dziedzinie trudno byłoby zrezygnować z pomocy tak niezawodnego sojusznika. Aby się nie zagubić wśród niezmierzonej różnorodności aparatury medycznej, pamiętajmy przynajmniej o trójce naszych faworytów. Są to: laser, często dziś pełniący funkcję lancetu w skomplikowanych i precyzyjnych operacjach; asystująca mu kamera telewizyjna, która swoim chłodnym okiem rejestruje każdy szczegół zabiegu, i — komputer.

Komputer wkroczył do medycyny na początku lat sześćdziesiątych. Powierzano mu wówczas zadania najprostsze, do których już nawykł w przedsiębiorstwach handlowych i zakładach przemysłowych. Robił listy płac dla personelu, rozliczenia finansowe, plany dyżurów, urlopów i zastępstw, gospodarował lekami, bielizną, całym asortymentem materiałów opatrunkowych, narzędzi i zapasów kuchennych, co nie należy do rzeczy łatwych, zważywszy liczbę rozmaitych diet.

Gdy stwierdzono, że maszyna cyfrowa jest skrupulatnym i wydajnym urzędnikiem administracyjnym, upomnieli się o nią i lekarze. Chodziło im zwłaszcza o gromadzenie i analizowanie informacji statystycznych o pacjentach. Brytyjskie ministerstwo zdrowia jedno z pierwszych zleciło komputerowi zebranie i przetworzenie danych na temat czasu pobytu pacjentów w szpitalach w zależności od rodzaju choroby. Przyczyniło się to do znacznie oszczędniejszego gospodarowania wolnymi łózkami.

Komputerowi powierzono następnie przechowywanie historii chorób (sposób wypełniania kart chorobowych nie zmienił się w ciągu ostatnich dwóch stuleci). Pamięci na taśmach magnetycznych odczocho przejęły rolę obszernych, zakurzonych kartotek. Zajmują o wiele

mniej miejsca i na żądanie błyskawicznie dostarczają informacji o każdym pacjencie — wyników analiz, prześwietleń, zaleceń lekarskich — zestawiając ten przypadek, jeśli to konieczne, z innymi analogicznymi przypadkami. W rejonowych ośrodkach zdrowia komputer zajął się kontrolowaniem różnych form opieki społecznej, badań okresowych, szczepień ochronnych, szczególną uwagę poświęcając małym dzieciom (zwłaszcza pracujących matek), ludziom nie w pełni sprawnym lub w podeszłym wieku.

Komputery w medycynie szybko zadomowiły się na dobre — obecnie obsługują one ponad połowę szpitali amerykańskich. Najpotężniejszy z zainstalowanych systemów pracuje w Kalifornii dla z górą 20 szpitali i 15 przychodni, których obowiązkiem jest czuwanie nad stanem zdrowia dwóch milionów ludzi. W warszawskim Instytucie Maszyn Matematycznych też powstał system umożliwiający skomputeryzowanie archiwum szpitala Akademii Medycznej. System ów, nazwany „Kwintetem” (od „konwersacyjne wyszukiwanie informacji teletransmitowanych”), udziela wszystkich informacji o pacjentach szpitala oraz ich chorobach, a ponadto w razie potrzeby potrafi zaproponować skład ekipy lekarskiej przed planowanym zabiegiem chirurgicznym.

Prócz dużych maszyn, które zawiadują medycznymi bankami danych, wiele pożytku przynoszą podręczne minikomputery. Stosuje się je w laboratoriach, gdzie pomagają przy obliczaniu wyników analiz, umożliwiając lekarzowi prawie natychmiastowe zorientowanie się w skuteczności aplikowanych środków, bezbłędnie odczytują elektrokardiogramy (serce) i elektroencefalogramy (mózg), dokonują obróbki obrazów mikroskopowych i zdjęć rentgenowskich, wykrywając wczesne stadia groźnych schorzeń, a także ustalają dawki naświetleń, wyznaczają daty wizyt kontrolnych i zarządzają bankami krwi i tkanek.

Maszyna z powodzeniem zastępuje niższy personel szpitalny. Może ona czuwać nad przebiegiem operacji lub nad ciężko chorym na oddziale intensywnej opieki, sprawdzając puls, mierząc temperaturę i ciśnienie, co kilka minut wykonując proste analizy. Przez dwadzieścia cztery godziny na dobę w ciągu siedmiu dni tygodnia system czujników i urządzeń pomiarowych sprzężonych z minikomputerem kontroluje stan pacjenta. Gdy któryś z parametrów odchyli się od normy, włącza się sygnał dźwiękowy i zapalają się światła ostrzegawcze.

Dopiero jednak w momencie, kiedy wyposażono komputer w urządzenia pozwalające na bezpośredni kontakt z człowiekiem, maszyna mogła stać się prawdziwym asystentem lekarza. Gdy wystukamy na klawiaturze monitora opis dolegliwości, maszyna dostarczy nam paru wariantów przypuszczalnego rozpoznania wraz z zaleceniem właściwej terapii. Wyjaśni poza tym, jak po zastosowaniu tej kuracji zachowają się serce, wątroba czy nerki, i zaleci skierowanie do odpowiedniego sanatorium.

W przyszłości przewiduje się połączenie wszystkich komputerów medycznych w jeden krajowy system, który przekazywałby informacje za pośrednictwem zwykłych linii telefonicznych. Jeśli zasłabniemy podczas wakacji, lekarz gminny nie będzie miał trudności z dociekaniem przyczyny. Powierzy problem swemu komputerowi, ten zaś zwróci się do komputerów w całej Polsce: „Kto opiekuje się tym przypadkiem?” W odpowiedzi natychmiast zgłosi się rejonowy komputer, prezentując rejestr naszych niedomagań w ostatnich latach.

Specjaliści przypuszczają, że jeszcze w tym stuleciu dzięki łączności satelitarnej nastąpi połączenie takich krajowych systemów medycznych w ogólnokrajową sieć opieki zdrowotnej. Nie byłoby wtedy kłopotu z

rozpoznanie nawet jakiejś niezwykle egzotycznej choroby tropikalnej. Gdzieś w dalekim zakątku naszego globu znalazłby się przecież komputer dysponujący dokładnym opisem objawów i gotową receptą lekarską. Bardzo by się też wówczas uprościła walka z epidemiami.

Pacjent zgłaszający się do skomputeryzowanej przychodni nie musi nawet pokazywać swojej książeczki zdrowia. Wystarczy, że poda nazwisko recepcjonistce, która wystuka je na klawiaturze końcówki, sprawdzi tożsamość chorego i wręczy mu kartę identyfikacyjną z jednoczesnym skierowaniem do gabinetu specjalisty (fot. VI). Jeśli lekarz jest tego dnia zajęty, na monitorze ekranowym pojawiają się proponowane najbliższe terminy — można sobie wybrać ten, który nam najbardziej dogadza. Maszyna potwierdza rezerwację i drukuje kartkę dla chorego z nazwiskiem lekarza, numerem gabinetu, ustaloną datą i godziną. Jeśli natomiast pacjent może być przyjęty w tym samym dniu, wszystkie dane (dotyczące nie tylko jego zdrowia od chwili narodzin, ale i jego rodziców) zostają przepisane z centralnej pamięci taśmowej do pamięci dyskowej zainstalowanej w „sektorze wizyt”. Zanim pacjent zdąży przejść do poczekalni, wszystko jest już przygotowane na jego przybycie. Stojący tam monitor ekranowy wyświetla napis: „WITAMY PANA I PROSIMY O KILKA DODATKOWYCH INFORMACJI”. Pytania są tak formułowane, że należy tylko nacisnąć jeden z dwóch klawiszy: „tak”, albo „nie”. „CZY COŚ PANA BOLI?” — „Tak”, „CZY BOLI PANA GŁOWA?” — „Tak”. „CZY JEST TO BÓL Z PRZODU CZASZKI?”. Stopniowo zawężając zakres pytań, maszyna dowiadyje się, na co cierpi chory. Nieraz pomaga sobie ilustracjami. Wyświetla jakąś część ciała i poleca: „PROSZĘ WSKAZAĆ PIÓREM ŚWIETLNYM, KTÓRY Z WYRÓŻNIONYCH PUNKTÓW DOLEGA PANU NAJ-

BARDZIEJ”. Czasem musi uzupełnić wypowiedź pacjenta o któreś z podstawowych badań: „PROSZĘ OPRZEĆ RĘKĘ NA PŁYCCIE, ZMIERZYMY PANU TEMPERATURĘ I CIŚNIENIE”...

Dla przykładu przytoczymy tu autentyczny dialog między maszyną i pacjentem w pewnej edynburskiej klinice:

MÓWI DO CIEBIE KOMPUTER. UMIEM ZADAWAĆ PYTANIA, ALE POTRAFIĘ ZROZUMIEĆ TYLKO PROSTE ODPOWIEDZI, MUSISZ ZATEM ROZMAWIAĆ ZE MNĄ JEDYNIĘ PRZEZ NACISKANIE KLAWISZY Z „TAK”, „NIE” lub „?”. NACISKASZ KLAWISZ „?”, JEŚLI NIE ROZUMIESZ MOJEGO PYTANIA. CZY ZROZUMIAŁEŚ WSZYSTKO, CO DO TEJ PORY POWIEDZIAŁEM? NACIŚNIJ KTÓRYŚ Z KLAWISZY.

— Tak.

DZIĘKUJĘ. TERAZ CHCIAŁBYM CI ZADAĆ DWA PYTANIA NA TEMAT POWODU, DLA KTÓREGO JESTEŚ TUTAJ. PAMIĘTAJ, ŻE BĘDZIE TO ZACHOWANE W ŚCISŁEJ TAJEMNICY, TAK JAK ROZMOWA Z LEKARZEM. TYLKO LEKARZE I PIEŁĘGNIARKI POZNAJĄ TWOJE ODPOWIEDZI. CZY TO CI ODPOWIADA? NACIŚNIJ JEDEN Z KLAWISZY.

— Tak.

DOBRZE. NAWIASEM MÓWIAĆ, NIE MUSISZ NACISKAĆ KLAWISZA NATYCHMIAST PO ODCZYTANIU TEGO, CO PISZĘ. JEŚLI POTRZEBA CI TROCHĘ NAMYSŁU PRZED ODPOWIEDZIĄ LUB CHCESZ PRZECZYTAĆ PYTANIE RAZ JESZCZE, TO PROSZĘ BARDZO, NIE KRĘPUJ SIĘ. MASZ TYLE CZASU, ILE GO POTRZEBUJESZ. PAMIĘTAJ JEDNAK, ŻE JEŚLI JUŻ NACIŚNIESZ KLAWISZ, TO JA NIE BĘDĘ MÓGŁ POWTÓRZYĆ PYTANIA. A ZATEM POWIEDZ MI NAJPIERW, CZY

JEDNYM Z POWODÓW TWOJEJ WIZYTY U LEKARZA SĄ ZABURZENIA LUB BÓLE ŻOŁĄDKA?

— Tak.

CZY TE BÓLE LUB ZABURZENIA TRWAJĄ CAŁY CZAS OD CHWILI, KIEDY SIĘ ZACZEŁY? NACIŚNIJ JEDEN Z KLAWISZY.

— Nie.

CHCIAŁBYM BYĆ CAŁKOWICIE TEGO PEWNY. CZY ZDARZAŁY SIĘ OKRESY, DNI LUB TYGODNIE, GDY NIE ODCZUWAŁEŚ ŻADNEGO BÓLU?

— Tak.

ROZUMIEM. POWIEDZ MI, CZY TE ZABURZENIA SĄ ZWIĄZANE Z PRZYJMOWANIEM POKARMÓW — CZY JEDZENIE MA COŚ Z TYM WSPÓLNEGO? NACIŚNIJ „TAK” lub „NIE”.

— ?

PRÓBUJĘ SIĘ DOWIEDZIEĆ, CZY TWOJE BÓLE LUB ZABURZENIA SĄ WYWOŁYWANE PRZEZ TO, CO JESZ LUB PRZEZ TO, ŻE JESZ. JEŚLI WYDAJE CI SIĘ, ŻE MAJĄ ONE JAKIŚ ZWIĄZEK Z JEDZENIEM, NACIŚNIJ „TAK”, JEŚLI NIE, NACIŚNIJ „NIE”.

— Tak.

CZY NA TE BÓLE LUB ZABURZENIA POMAGAJĄ CI TABLETKI LUB PŁYNNY LEKARSTWA NA NIESTRAWNOŚĆ? NACIŚNIJ „TAK” LUB „NIE”.

— Tak.

POWIEDZ MI, CZY BÓLE POJAWIŁY SIĘ KIEDYKOLWIEK WE WCZESNYCH GODZINACH RANNYCH? „TAK” CZY „NIE”?

— Nie.

PRZED ODPOWIEDZIĄ NA MOJE NASTĘPNE PYTANIE ZASTANÓW SIĘ DOBRZE. WYOBRAŹ SOBIE, ŻE PROSZĘ CIĘ O DOKŁADNE WSKAZANIE, GDZIE CZUJESZ BÓL — CZY OBSZAR TEN

ŁATWIEJ POKAZAĆ JEDNYM PALCEM, CZY DWOMA PALCAMI, CZY RACZEJ PRZEZ POŁOŻENIE DŁONI W TYM MIEJSCU? JEŚLI JEDNYM LUB DWOMA PALCAMI, NACIŚNIJ „TAK”. JEŚLI DŁONIA, NACIŚNIJ „NIE”. JEŚLI NIE ROZUMIESZ, NACIŚNIJ „?”.

— Nie.

SPODZIEWAM SIĘ, ŻE WIESZ, GDZIE ZNAJDUJE SIĘ PEPEK, ALE CHCĘ UPEWNIĆ SIĘ CO DO TEGO. NACIŚNIJ „TAK”, JEŚLI WIESZ, GDZIE JEST PEPEK, I „NIE”, JEŚLI NIE WIESZ.

— Tak.

W PORZĄDKU. CZY BÓL LUB ZABURZENIA, GDY JE ODCZUWASZ, WYSTĘPUJĄ ZWYKLE POWYŻEJ PEPKA? POMYŚL DOBRZE I NACIŚNIJ „TAK” LUB „NIE”.

— Tak.

DZIEKUJĘ. TERAZ MUSZĘ STWIERDZIĆ, CZY BÓL LUB ZABURZENIA POJAWIAJĄ SIĘ Z LEWEJ, CZY Z PRAWEJ STRONY ŻOŁĄDKA, CZY TEŻ PRZEWAŻNIE POŚRODKU I ZADAM CI NA TEN TEMAT JEDNO LUB DWA PYTANIA. NAJPIERW: CZY WYSTĘPUJĄ POŚRODKU? NACIŚNIJ „TAK”, JEŚLI WYSTĘPUJĄ, „NIE”, JEŚLI NIE WYSTĘPUJĄ.

— Tak.

CZY MÓGŁBYŚ POWIEDZIEĆ, CZY W TYCH DNIACH ODŻYWIAŁEŚ SIĘ NORMALNIE? PRZEZ NORMALNIE ROZUMIEM, ŻE MASZ W MIARĘ DOBRY APETYT. PRZYCIŚNIJ TERAZ JEDEN Z KLAWISZY.

— Tak.

JAK NA RAZIE BARDZO DOBRZE SIĘ Z TOBĄ WSPÓŁPRACUJE, WIĘC CHCIAŁBYM ZADAĆ CI JESZCZE PARĘ PYTAŃ. MAM NADZIEJĘ, ŻE CIĘ TO CIĄGLE INTERESUJE. JEŚLI TAK, NACIŚNIJ

KLAWISZ „TAK”, ALE JEŚLI ZACZYNA CIĘ TO NUDZIĆ, NACIŚNIJ KLAWISZ „NIE”.

— Tak.

CZY PODCZAS OBECNEJ CHOROBY MIAŁEŚ MDŁOŚCI? NACIŚNIJ „TAK”, JEŚLI MIAŁEŚ, „NIE”, JEŚLI NIE.

— Tak.

CZY MOŻESZ MI POWIEDZIEĆ, CZY ZWRACAŁEŚ WÓWCZAS JEDZENIE?

— Nie.

CZY NIERAZ ZDARZAŁO SIĘ, ŻE NIESPODZIEWANIE USTA WYPEŁNIAŁY CI SIĘ JAKĄŚ CIECZĄ? NACIŚNIJ „TAK” LUB „NIE”.

— Tak.

JEŚLI MUSIAŁBYŚ OPISAĆ TĘ CIECZ, CZY POWIEDZIAŁBYŚ, ŻE BYŁA CZYSTA I MIAŁA SŁOŃNY SMAK?

— Tak.

CZY CIECZ MIAŁA KIEDYKOLWIEK GORZKI LUB KWAŚNY SMAK? NACIŚNIJ „TAK”, JEŚLI MIAŁA, „NIE”, JEŚLI NIE MIAŁA.

— Tak.

DZIĘKUJĘ, BARDZO DOBRZE NAM IDZIE I MAM DLA CIEBIE JUŻ NIEWIELE PYTAŃ. SPODZIEWAM SIĘ, ŻE WIESZ, CO TO JEST ZGAGA. CZY CZĘSTO CIERPISZ NA ZGAGĘ?

— Nie.

CZY TA KWAŚNA CIECZ W USTACH ZBIERA CI SIĘ PO JEDZENIU? „TAK” LUB „NIE”.

— Nie.

BARDZO DOBRZE, CZY TA KWAŚNA CIECZ ZBIERA CI SIĘ W GARDLE, GDY LEŻYSZ W NOCY LUB GDY ZMIENIASZ POZYCJĘ CIAŁA, NP. PRZY SCHYLANIU SIĘ, PRZY PRACY W OGRÓDKU, PODNOSZENIU CZEGOŚ CIĘŻKIEGO? „TAK” LUB „NIE”.

— Nie.

TERAZ PYTANIE NA TEMAT TWOJEJ WAGI. CZY W OSTATNICH SZEŚCIU MIESIĄCACH STRACIŁEŚ SPORO NA WADZE, POWIEDZMY PONAD 5 KILO, NIE STOSUJĄC KURACJI ODCHUDZAJĄCEJ? NACIŚNIJ „TAK”, JEŚLI STRACIŁEŚ, „NIE”, JEŚLI NIE.

— Nie.

JESZCZE KOŃCOWE PYTANIE, NAD KTÓRYM CHCIAŁBYM, ŻEBYŚ SIĘ GŁĘBOKO ZASTANOWIŁ. CZY PAMIĘTASZ, BY KTOKOLWIEK Z TWOJEJ RODZINY — OJCIEC, MATKA, WUJOWIE, CIOTKI, BRACIA CZY SIOSTRY — CIERPIAŁ KIEDYKOLWIEK NA OWRZODZENIE ŻOŁĄDKA LUB DWUNASTNICY? NACIŚNIJ „TAK” LUB „NIE”.

— Nie.

NO CÓŻ, DZIĘKUJĘ CI BARDZO. TO WSZYSTKO, O CO CHCIAŁEM CIĘ ZAPYTAĆ. OGROMNIE MI POMOGŁEŚ. ZA SEKUNDĘ PAPIER DRUKARKI ZACZNIE SIĘ ODWIJAĆ, A KIEDY PRZESTANIE, ODERWIJ GO, PROSZĘ, I ODDAJ PIELEŃNIARCE ZA DRZWIAMI. DO WIDZENIA.

Wyniki tego wstępnego wywiadu są skrzętnie analizowane i zestawiane z wzorcowymi symptomami różnych chorób. Przypadki są w większości tak typowe, że decyzję o leczeniu mogłaby podjąć maszyna, nigdy jednak nie daje się jej aż tyle swobody. Niejednokrotnie objawy czynnościowe nie są tak istotne, jak wynik obserwacji pacjenta — kolor skóry, wyraz twarzy, gestykulacja, barwa głosu itp. Nawet w sytuacjach nie budzących wątpliwości i przy znikomym prawdopodobieństwie przeoczenia jakiegoś czynnika nie wolno zdawać się wyłącznie na komputer w sprawach tak poważnych, jak ludzkie zdrowie. Wydruko-

wane przez maszynę wstępne rozpoznanie wędruje więc na biurko lekarza, któremu ma jedynie posłużyć za wskazówkę. Kiedy na monitorze zapala się napis: „Proszę wejść do gabinetu”, lekarz nie wita pacjenta żadnym z zadawanych dotychczas pytań. Nie tracąc na nie czasu zabiera się do zweryfikowania którejs z wysuniętych przez maszynę hipotez. O ile ma do nich stosunek nieufny, zawsze przecież może odwołać się do własnych doświadczeń i wiedzy.

Wizyta dobiega końca i lekarz wystukuje na klawiaturze komputerowej końcówki diagnozę, która plasuje się w pamięci dyskowej na końcu istniejącej już historii choroby danego pacjenta, a jednocześnie trafia do wszystkich kartotek statystycznych i naukowych. Sposób leczenia także jest zapamiętywany, ale wyłącznie na koncie pacjenta. Przezorny komputer sprawdza jednak w tym momencie, czy dawki i leki są prawidłowo wypisane. Dopiero potem przekazuje polecenie do zautomatyzowanego magazynu aptecznego. Gdy chory zjawia się w aptece, lekarstwa czekają już na ladzie. Właśnie w tym czasie dane z „sektora wizyt” wracają znów do centralnego archiwum taśm magnetycznych. Musimy jeszcze oddać w recepcji kartę identyfikacyjną, na podstawie której automat wypełni druk L4, i możemy spokojnie iść na basen.

Z naszego punktu widzenia te kolejno wykonywane przez komputer działania są mniej ważne, jako że polegają na czysto mechanicznym wybieraniu i przekazywaniu informacji. Przypatrzmy się raczej tej czynności, która wymaga od komputera największego wkładu własnych sił — kwestii rozpoznawania choroby. Czyha na nas przecież parę tysięcy rozmaitych dolegliwości, a każdej towarzyszy kilka różnych objawów. Zapamiętać te liczne dane to dla maszyny fraszka, ale postawienie diagnozy to już całkiem inna sprawa, zwłaszcza że lekarze nie zabiegają o konsultację ma-

szyny w przypadkach błahych. Żeby jej umożliwić diagnozę muszą więc przekazać dziesiątki wstępnych informacji.

W systemie MYCIN, zaliczanym do najbardziej udanych przykładów komputerowego diagnosty, komputer najpierw zadaje lekarzowi pytania wstępne (kolejne pytanie wypływa z analizy poprzednich):

JAK NAZYWA SIĘ PACJENT?

— John Doe.

MEŻCZYZNA CZY KOBIETA?

— Mężczyzna.

WIEK?

— Ma 55 lat.

KIEDY POJAWIŁY SIĘ PO RAZ PIERWSZY OBJAWY CHOROBY?

— 5 maja 1975.

Następnie komputer robi zestawienie: temperatura (rano, wieczorem), ciśnienie, wyniki analizy krwi i moczu, prześwietlenia, objawy, na które skarży się pacjent. Zazwyczaj jednak nic z tego zestawienia nie wynika. A raczej wynika zbyt wiele: zachodzi tu możliwość występowania jednej z kilkunastu chorób.

I oto teraz komputer ma okazję zapracować na pochwałę. Sięga do danych statystycznych i przeczesuje je, szukając podobnych przypadków, żeby przez analogię wywnioskować, z czym ma ewentualnie do czynienia. Drukuje potem listę diagnoz od najbardziej do najmniej prawdopodobnych i wciąż ją uściśla, modyfikuje, preferując z lekka te choroby, które ostatnio częściej występowały w miejscu zamieszkania pacjenta, określa stopień zaufania do wyniku analiz i wreszcie w pocie czoła uzyskuje rezultat:

NISKI POZIOM POTASU W SUROWICY ($K = 2,8 \text{ MEQ/L}$) WSKAZUJE NA WYCZERPYWANIE SIĘ ZAPASÓW W ORGANIZMIE. PONADTO WYKRYCIE ZNACZNEJ ZAWARTOŚCI POTASU

(56 MEQ/DZIEŃ) W MOCZU PACJENTA, U KTÓREGO OD CO NAJMNIEJ 2 TYGODNI WYSTĘPUJE ZMNIEJSZONY POZIOM POTASU W SUROWICY, SUGERUJE USZKODZENIE NERKOWEGO MECHANIZMU REABSORPCJI. NAJCZĘSTSZYMI PRZYCZYNAMI TAKIEGO STANU SĄ: PRZEDAWKOWANIE TETRACYKLIN, KWASICA CEWKOWA (NIE WYSTĘPUJĄCA W TYM PRZYPADKU) I FAZA DIURETYCZNA OSTREJ MARTWICY CEWKOWEJ.

W CELU USUNIĘCIA DEFICYTU POTASU ZALECA SIĘ PODAWANIE CO NAJMNIEJ 60 MEQ CHLORKU POTASU W CIĄGU NAJBLIŻSZYCH 12 GODZIN I POWTÓRNE PRZEPROWADZENIE BADAŃ PO UPŁYWIE TEGO CZASU.

DZIĘKUJĘ ZA PRZEDSTAWIENIE TEGO CIEKAWEGO PROBLEMU.

Tym sympatycznym pożegnaniem komputer PDP-15 zachęca użytkownika do dalszej współpracy. Cała powyższa diagnoza jest najzupełniej prawdziwa — pochodzi ze skomputerowanego systemu diagnoz klinicznych stosowanego od paru lat w szpitalu w Bostonie. 18 kwietnia 1974 roku o godz. 13.38 maszyna zapoznała się z danymi pacjenta, który się przed chwilą zgłosił, i po 7 minutach nadała powyższy komunikat.

W naszym kraju komputerową diagnostykę wykorzystuje się w Akademii Medycznej w Warszawie do wykrywania chorób na podstawie analiz laboratoryjnych. Wyniki działania tego systemu zaprezentowano w maju 1978 roku na sympozjum „Technika komputerowa w medycynie”. Z sześciu podanych maszynie kompletów analiz wszystkie zostały poprawnie zinterpretowane. Podsunęto jej zatem sześć następnych zestawów — lekarze wiedzieli, że dotyczą one pacjentów cierpiących na nowotwór wątroby, co oczywiście

dawało się stwierdzić dopiero po otwarciu jamy brzusznej. Ku zdziwieniu obecnych komputer, opierając się tylko na wynikach analiz, w pięciu przypadkach zażyrokował trafnie: nowotwór wątroby.

Wśród kilkunastu polskich placówek informatyki medycznej wyróżnia się otwarty w czerwcu 1977 roku we Wrocławiu komputerowy ośrodek diagnostyki medycznej „Dolmed”. Zajmuje się on profilaktyczną kontrolą ludności — co dwa lata każdy z podopiecznych ośrodka musi poddać się badaniom. Już w pierwszym roku, gdy przebadano 22 tysiące osób, u 1500 stwierdzono konieczność szczegółowych analiz lub leczenia. W zwykłej przychodni pacjent musiałby poświęcić na to co najmniej tydzień, pacjent „Dolmedu” tracił zaledwie 3 godziny.

Na zakończenie parę ciekawostek na temat medycyno-komputerowych mariaży. Skonstruowany w Związku Radzieckim zestaw „Pilot-1” automatycznie sprawdza, czy lotnik jest w dostatecznie dobrej kondycji fizycznej i psychicznej pozwalającej mu na start. Urządzenie to mierzy ciśnienie, temperaturę, częstotliwość pracy serca oraz inne parametry, porównując je z zapamiętanymi danymi, które dotyczą danego pilota. Lekarze z Władywostoku natomiast posłużyli się komputerem, aby odkryć tajemnicę skuteczności medycyny Wschodu. Przeprowadzili analizę recept i składu lekarstw stosowanych od setek lat. Zestawiając z nich różne kombinacje otrzymali nowe preparaty o zdumiewająco efektywnym działaniu. Uczni amerykańscy postanowili dowieść za pomocą maszyny cyfrowej, że z linii papilarnych dłoni człowieka można odczytać rodzaj przebytych przez niego chorób. Fotografia 18 ukazuje zdjęcia spreparowane właśnie po to, by komputer mógł wystąpić w roli Cyganki.

Docent nie mianowany

Jak już mówiliśmy w poprzednim rozdziale, maszyny wspierają lekarzy nie tylko w ich bezpośrednich kontaktach z pacjentami, ale też pomagają rozwijać nauki medyczne. Przyczyniają się w znacznym stopniu do wzbogacania i uaktywniania wiedzy fachowej, udzielają informacji o nowych lekarstwach, dostarczają raportów na temat ciekawszych przypadków, wycinków z literatury specjalistycznej. Gdyby medycy czytali wszystkie publikacje, albo chociaż przeglądali ich bibliografie (pojawiają się już bibliografie bibliografii w postaci wielostronicowych ksiąg), nie wystarczyłoby czasu na nic innego. Maszyna zaś szybko segreguje te materiały, wyławia najistotniejsze i podsuwa kilka streszczeń do przejrzenia.

Do zbierania i selekcji informacji o wszystkim, co dzieje się w nauce, powołane zostały odrębne instytucje. Artykuły, patenty, książki, komunikaty, wyniki badań, referaty wygłaszane na konferencjach gromadzone są w solidnych bankach informacji. Nie po to jednak, by skarby myśli ludzkiej przechowywać w zamkniętych sejfach dla przyszłych pokoleń. Przeciwnie — rzecz w tym, żeby owe wiadomości trafiły możliwie prędko do osób zainteresowanych. Komputer pracujący w systemie „selektywnej dystrybucji informa-

cji” musi zatem na życzenie klienta przejrzeć cały bank danych, wybierając pozycje, które dotyczą zamówionego tematu. Gdy odbiorca chce w sposób ciągły śledzić postępy w swojej branży, wykupuje abonament i wtedy co tydzień lub co miesiąc dostaje wydrukowaną przez komputer listę nowości. Zaznacza te punkty, na których mu zależy, i odsyła listę. Ośrodek informacyjny sporządza odbitki kserograficzne zamówionego materiału, przekazując odbiorcy pełny serwis najbardziej aktualnych danych.

Nie przeistaczając się w bibliotecznego mola jesteśmy dzięki maszynom zorientowani w osiągnięciach nauki światowej. Zdobywamy wiedzę rzetelną, z pierwszej ręki; unikamy dublowania badań, pełniej widzimy własne koncepcje na tle innych. Jasne więc, że systemy selektywnej dystrybucji informacji mają zawsze wielu abonentów, gorliwie uiszczających składki. Rzecz jest bardzo opłacalna — za równowartość składki rocznej można co najwyżej kupić parę książek (np. jakąś „nowość” o eksperymencie sprzed lat, starannie wydaną, ale dla naukowca już niewiele warta).

Z gazetowymi ogólnikami o „zalewie informacyjnym” i „lawinie publikacji” osłuchaliśmy się aż nadto dobrze, by nie zwracać na nie uwagi, ale kilka znaczących faktów warto przytoczyć. Amerykańskie Towarzystwo Chemiczne, które zorganizowało system informacji dla swojej branży, musi stale go uzupełniać o artykuły z 12 tysięcy czasopism plus tysiące raportów z badań, patentów, dysertacji, monografii i sprawozdań — rocznie ponad 360 tysięcy opisów dokumentacyjnych. I to wszystko trzeba co do sztuki rejestrować, bo istnienie niekompletnego zbioru stawiałoby jego przydatność pod znakiem zapytania — klienci mogliby podejrzewać, że najważniejsze rzeczy zostały akurat pominięte.

W naszym kraju system informacyjny z prawdziwego zdarzenia powstał przy Głównej Bibliotece Lekar-

skiej w Warszawie. W 1971 roku biblioteka ta obejmowała ogromny (ponad milion tomów), dobrze, choć tradycyjnie zorganizowany księgozbiór. Kiedy jego dalsze powiększenie ze względów lokalowych okazało się niemożliwe, w pokoju nr 202 pojawiła się końcówka komputerowa. Za jej pośrednictwem prowadzi się dialog ze szwedzką maszyną cyfrową, mającą z kolei dostęp do światowego banku danych o największym doświadczeniu i najbogatszych zasobach — amerykańskiego systemu MEDLARS (Medical Literature Analysis and Retrieval System). Na utrzymanie MEDLARS Narodowa Biblioteka Medyczna w Waszyngtonie przeznacza rocznie 20 milionów dolarów, ale za to system ma wszystko, co najnowsze: własne łącze satelitarne, awaryjne centra komputerowe i liczne lokalne filie.

Jest to rzeczywiście system kompletny. Przekonał się o tym pewien nasz informatyk, który pojechał do USA, żeby zapoznać się z działaniem MEDLARS. Chcąc wprawić obcą maszynę w zakłopotanie wystukał na klawiaturze końcówki swoje nazwisko i poprosił o wykaz publikacji, choć nigdy nie ogłosił drukiem nic, co miałyby bodaj luźny związek z medycyną. Ale oto maszyna przedstawiła mu artykuł zamieszczony w jednym z polskich miesięczników, podpisany tym samym nazwiskiem — tyle że autorstwa jego żony lekarki.

Medycy z całej Polski przysyłają do warszawskiej biblioteki formularze określające temat prac, którymi się interesują, albo zgłaszają się tu osobiście. Na miejscu tematy są korygowane zgodnie z międzynarodowym wykazem haseł — słów kluczowych, według których segreguje się informacje. Tematy mogą być złożone, a nawet stanowić mieszaninę szczegółowych zagadnień; na przykład: „Występowanie łuszczycy u psychicznie chorych”. Zadajemy ten temat i otrzymujemy odpowiedź — są trzy artykuły. Następny, zgłoszony przez

kogoś z Uniwersytetu Warszawskiego: „Wpływ środków owadobójczych na organizm kaczkę krzyżówki”, z adnotacją, że chodzi o dalsze zawężenie, a mianowicie „wpływ na jaja kaczkę”.

Seans komputerowy odbywa się codziennie i trwa od jednej do czterech godzin, zależnie od potrzeb. Biblioteka łączy się ze Sztokholmem telefonicznie. Po uzyskaniu połączenia należy się przedstawić i komputer prosi o pytania. W dwie, trzy sekundy później daje odpowiedź: drukarka końcówki Singera sporządza listę danych dotyczących kolejnych tematów. Można ją zresztą również zapisać na kasetach magnetycznych, a dopiero potem wydrukować. Po wyczerpaniu tematów komputer drukuje nam „good bye” i przerywa połączenie. Żadna filozofia.

Komputery nie tylko mogą informować o dokonywanych gdzie indziej odkryciach, ale potrafią też pomóc w naszych własnych pracach badawczych. W Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN maszyny cyfrowe służą do rozpoznawania chromosomów, kształtu komórek (głównie nowotworowych) oraz obrazów dna oka. Na fotografii 17 widać wzory chromosomów przedstawione pewnemu londyńskiemu komputerowi, który mógł dzięki temu wynajdywać chromosomy na obrazach mikroskopowych i drukować zidentyfikowane zarysy na papierze. Rysunek 16 pokazuje natomiast komputerowe szkice komórek nerwowych uzyskane na Uniwersytecie Columbia. Maszyna wykonała je na podstawie fragmentarycznych ujęć kamery telewizyjnej, uzupełniwszy brakujące części obrazu. Komputer pozwala także sprawdzić na modelach matematycznych, jak zachowują się różne części organizmu w niezwykłych dla nich warunkach — przy prawdziwych badaniach mogłoby się to okazać niebezpieczne dla człowieka. W ten sposób symuluje się między innymi działanie układu krążenia, sieci neuronowych,



Rys. 16

zdolność komórek do egzystencji w rozmaitych sytuacjach. Maszyna, która przetwarza sygnały pomiarowe rejestrowane w czasie snu chorego, daje jeszcze przed obudzeniem pacjenta systematyczny opis stanu organizmu na jednej kartce papieru.

Interesującą konstrukcją mogą się pochwalić naukowcy z Instytutu Informatyki Politechniki Warszawskiej. Zadaniem tej maszyny jest wykrywanie rodzaju i nasilenia zmian występujących w mięśniach. Zasada jest prosta: trzeba skurczyć niedomagający mięsień najpierw silnie, potem słabo. W czasie tych ruchów niewielkie napięcia elektryczne w mięśniu ulegają zmianie. Czujniki pomiarowe wylapują te napięcia, ale nie potrafią ich odizolować od dziesiątków innych sygnałów. To właśnie robota dla ANOPS-a, czyli Analizatora Okresowych Przebiegów Szumowych. Jest to urządzenie do walki z szumem, czyli wszelkiego rodza-

ju nieprzewidzianymi zakłóceniami, nieuchronnie występującymi przy pomiarach wielkości fizycznych. Jeśli mierzony sygnał jest silny i góruje nad szumem, to łatwo wychwycić interesującą nas wiadomość. Gorzej, gdy chcemy zmierzyć sygnał, który ginie w szumie jak dwudziestozłotówka w wysokiej trawie. A przecież niektóre słabe sygnały są dużo więcej warte, przynoszą bowiem bezcenne nieraz informacje. W medycynie owe drobne impulsy elektryczne dochodzące z mózgu, nerwów czy mięśni pacjenta mogą zadecydować o diagnozie.

ANOPS stara się nie dopuścić, by takie właśnie wiadomości przepadały bezpowrotnie. Analizuje on statystyczne prawidłowości w mierzonych sygnałach i na małym ekraniku wyświetla zielonkawe wykresy — wyniki obliczeń, które dla personelu medycznego są jednoznacznie określoną dolegliwością. ANOPS-a wyposażono we wszystkie bloki wchodzące w skład innych maszyn cyfrowych: arytmometr, pamięć, liczniki i sterowanie. Urządzenie to od dawna działa w wielu placówkach medycznych, zdobyło uznanie i nagrodę w konkursie „Mistrz Techniki 66”.

Na podobnych zasadach maszyny cyfrowe oddają również ogromne usługi w naukach fizycznych i chemicznych. W końcu lat sześćdziesiątych podziwiano heurystyczny program komputerowy DENDRAL, który opracowała interdyscyplinarna grupa badaczy ze Stanford University. Analizując wyniki tzw. spektrografii masowej cząsteczek organicznych, DENDRAL był gotów postawić hipotezę co do struktury badanej substancji. Stanowi to nader istotny, i do tego niełatwy do rozwiązania nawet przez naukowców problem chemii analitycznej.

Wielu uczonych jest zdania, że wpływ maszyn cyfrowych na fizykę i chemię jest tak wielki, iż można mówić o formowaniu się na pograniczu tych dyscy-

plin nowych gałęzi nauki, dla których proponuje się nawet osobne nazwy — na przykład „fizyka cyfrowa”. Istotnie, elektroniczna technika obliczeniowa pozwala na weryfikację koncepcji, których jeszcze przed kilkunastu laty nie wypadało podjąć w poważnej rozmowie. Dziś wielu teoretyków dowodzi poprawności swoich pomysłów rzucając na stół wyniki eksperymentów przeprowadzonych nie w laboratorium, lecz wykonanych przez maszynę, która zbadała cyfrowy model zjawiska. Nie ma zresztą powodów, by uznawać to za zaskakujące novum — fizyka zawsze lubiła podierać się modelami matematycznymi. W modelach komputerowych można jednak nareszcie zrezygnować z uproszczeń i ograniczeń, bo maszynę stać na zapamiętanie i rozpatrzenie najdrobniejszych detali. Można zatem zbliżyć się do rzeczywistości na dystans dostatecznie bliski, aby wszystko niemal odpowiadało prawdzie. Pozwala to pozorować doświadczenia w warunkach, których fizycznie nie dałoby się wytworzyć — obserwację przemian, które następują, gdy ciśnienie wzrośnie do tysięcy miliardów atmosfer, temperatura przekroczy setki milionów stopni, prędkość tysiąca kilometrów na minutę, a sam proces trwać będzie jedynie ułamki miliardowej części sekundy. Niedawno właśnie za pomocą komputerowego eksperymentu obliczeniowego „na sucho” przewidziano złożone procesy fizyczne zachodzące w czasie kontrolowanej syntezy termojądrowej. Jak obliczyli brytyjscy fizycy zatrudnieni w Rutherford High Energy Laboratory, eksperyment, który komputer IBM 360/75 rozpracował w ciągu dwóch tygodni, wymagałby 10 000 lat codziennej działalności naukowca stosującego tradycyjne metody.

W Amerykańskiej Agencji Badania Przestrzeni Kosmicznej (NASA) powołano do życia system, który zawiadywał badaniami próbek gruntu księżycowego, zdobytych w czasie wypraw „Apollo”. Specjaliści przygo-

towujący raport mogli się zwracać do komputera z bezpośrednimi pytaniami: „Jaka jest średnia zawartość aluminium w skałach alkalicznych?“, „Podaj wszystkie analizy S10046“, „Czy jakieś próbki mają ponad 13% pierwiastków metalicznych?“ A skoro już o temacie kosmicznym mowa, przypomnijmy, że zbudowanie statków kosmicznych i ich nawigacja (fot. 20) byłyby niemożliwe bez udziału komputerów.

Tu jednak wkraczamy w niezwykle obszerną sferę związków między maszynami cyfrowymi a naukami technicznymi. Koneksje te są rozliczne i wielce owocne; dziesiątki wynalazków technicznych zawdzięcza komputerom swoje powstanie. Zostawmy jednakże te sprawy na boku, aby nie ułatwiać sobie zadania i nie narażać się na zarzut, że podobieństwo maszyn do ludzi uzasadniamy ich użytecznością dla innych maszyn.

Pomińmy zatem kwestie techniczne, podobnie jak pozostałe, związane z dziedzinami, w których maszyny od dawna się zaaklimatyzowały (np. nauki ekonomiczne operujące modelami komputerowymi z całkowitą swobodą). Skoncentrujemy się natomiast na wyjaśnieniu, do czego stosuje się maszyny na obszarze uznawanym za czystą humanistykę. Zaczniemy od historii (historii jako nauki). O tym, jak przydatnym narzędziem dla badacza przeszłości może stać się komputer, przekonało się trzech Francuzów, którzy w 1962 roku zaryzykowali użycie maszyn do przetwarzania danych statystycznych z kartotek policyjnych pozostałych po Wiośnie Ludów i Komunie Paryskiej. Było tego niemało — dwa zbiory po 12 tysięcy oraz 15 tysięcy akt przechowywanych w archiwum w Fort de Vincennes, a poszło jak z płatka. Zachęciło to angielskiego naukowca Williama O. Aydelotte do podjęcia pracy, o której od dłuższego czasu przemysliwał. Wprowadził mianowicie do komputera zakodowane na kartach dziurkowanych dane ze 114 głosowań brytyjskiego parlamentu z lat

1841—1847. Pozwoliło to na dokonanie drobiazgowej oceny stanowisk członków Izby Gmin, których dzieliła nie tylko przynależność do stronnictw politycznych, ale i istotne różnice filozoficzne i światopoglądowe. Idąc tym samym śladem historyk Karl Lasker użył komputera do wytłumaczenia sukcesów wyborczych partii nazistowskiej od 1930 do 1932 roku. Maszyna wykazała, że w tym okresie Hitler uzyskał poparcie dla swojego programu dzięki głosom wyborców o tradycyjnie prawicowym nastawieniu i tych, którzy byli zazwyczaj niezdecydowani, a nie, jak sądzono, „rozpolitykowanym klasom średnim”, te bowiem poparły faszystów dopiero po ich pierwszych ważniejszych sukcesach wyborczych.

Do interesujących spostrzeżeń archeologicznych przyczynił się komputer badający rozmieszczenie obwarowanych osiedli rzymskich na południu Anglii. Zestawiając dane o odkrytych zabytkach, ukształtowaniu terenu i dystansach wymaganych ze względów komunikacyjnych, maszyna sporządziła mapę, którą z powodzeniem mogliby się posługiwać rzymscy legioniści (rys. 17). Gdy w celu sprawdzenia pewnych hipotez archeologicznych poddano komputerowej analizie kilka tekstów starogreckich, okazało się, że jej rezultaty są znacznie istotniejsze dla historyków literatury niż dla archeologów. Samo statystyczne ustalenie częstości występowania poszczególnych wyrazów, sposobu ich rozmieszczenia i zmian stylu dawało przebogaty materiał. Na jego podstawie wnioskowano o okolicznościach towarzyszących powstaniu dzieła, pochodzeniu i temperamencie autora, a nawet o jego niektórych cechach fizycznych (np. wadach wymowy). Stwarzało to także podstawy do szerszych obserwacji społecznych i kulturowych.

Szybko zatem opracowano system komputerowej analizy literackiej tekstów greckich. Przyszła też ko-



Rys. 17

lej na łacinę. Komputery OBM przestudiowały 179 dzieł przypisywanych Tomaszowi z Akwinu, 18 z nich demaskując jako fałszyfikaty, a 61 przenosząc na konto innych filozofów. W ten sposób, po sprawdzeniu 10 milionów wyrazów, powstał przy okazji pierwszy historyczny słownik średniowiecznej łaciny, w którym każde słowo, oprócz wyjaśnienia, zaopatrzone było jeszcze w cytaty wskazujące, jak należało go używać.

Podobnie metodycznie zbadano tekst *Biblii* i ujawniono, że miała ona kilkunastu autorów, którzy w dodatku nie pisali swoich części w jednym okresie. Bez cienia wątpliwości maszyna cyfrowa ujawniła na przykład, że proroctwa Izajasza są dziełem co najmniej dwóch osób. W 1961 roku komputer radziecki po wykonaniu 11 milionów operacji rozszyfrował pismo Majów. Komputer angielski otrzymał polecenie odkrycia sekretów języka meroickiego, zapisywanego egipskimi hiero-

glifami, a używanego przez wymarłe plemiona z terenów obecnego Sudanu, maszyna amerykańska zaś zidentyfikowała autorów poszczególnych fragmentów konstytucji USA.

Komputerowym analizom poddawano nie tylko dzieła archiwalne. Literaturoznawcy posłużyli się nimi także przy szczegółowym wnikaniu w utwory współczesne. Komputer badając *Starego człowieka i morze* odkrył, że, wbrew powszechnej opinii, Hemingway bynajmniej nie napisał tej książki w 1951 roku. Niemal cały tekst powstał prawdopodobnie w 1935 lub 1936 roku i przeleżał piętnaście lat w szufladzie z niewiadomych powodów. Maszyny pozwoliły nie tylko na superściśle rozważenie niuansów stylistycznych występujących u Joyce'a, Gide'a czy Sartre'a, lecz również na uchwycenie związków między poruszonymi w ich książkach wątkami tematycznymi.

Jak widać z powyższych przykładów, komputery stały się w naszych czasach użytecznym narzędziem w ręku uczonych.

Niedawno przekonano się, że maszyna jest zdolna nie tylko do analizowania drukowanego tekstu, ale potrafi też zdawać sobie sprawę z tego, co czyta i wyciągać ogólne wnioski z lektury. Dowiódł tego zespół badaczy z Yale University, który opracował serię programów pozwalających komputerowi zrozumieć sens informacji publikowanych w prasie codziennej. Komputer odczytuje słowo po słowie i określa ich najbardziej prawdopodobne znaczenia. Stale sprawdza przy tym aktualny kontekst upewniając się, czy wybrał właściwą definicję, a gdy mu się coś nie zgadza, zwalnia i czyta jeszcze raz.

Wiedza o świecie przekazana została maszynie w postaci 60 scenariuszy opisujących zdarzenia często pojawiające się w gazetach. Jest tam na przykład typowa sytuacja restauracyjna: klient wchodzi, siada, zamawia

posiłek, je, płaci i wychodzi. Posługując się tym skryp-tem przy rozpoznawaniu tekstu o gastronomii, komputer będzie już pewien kontekstu i bez trudności rozstrzygnie, że słowo „rachunek” nie obciąża tym razem niczyjego sumienia.

Wkrótce po uruchomieniu owego zestawu programów maszyna z Yale umiała rozpoznać sens około 70 procent gazetowych informacji (z tych, które dotyczyły tematów uwzględnionych w scenariuszach) i dokonać streszczenia, redukując dowolnie długi materiał do wymiarów 1—2-zdaniowej notki drukowanej od razu po angielsku, hiszpańsku i chińsku. I tak liczącą 600 słów wiadomość o śmierci znakomitej uczonej antropologa Margaret Mead, komputer zapisał w postaci: „Margaret Mead, lat 76, umarła na raka”. Komunikat o pożarze, zawierający 400 słów, został zredukowany do zdania: „Pożar pensjonatu w Farmington spowodował śmierć 25 osób, obrażenia u 7 osób oraz zniszczył budynek”.

Rezultaty te należy ocenić wysoko zważywszy, że doświadczeni redaktorzy mają często kłopoty ze skracaniem tekstów i wydobywaniem z nich rzeczy najważniejszych. Komputer zaś musi sam dochodzić do spraw dla nas oczywistych, jak na przykład to, że słowo „pożar” jest związane z terminami określającymi zagrożenie życia i straty materialne, że mogą mu towarzyszyć opisy płomieni, dymu, paniki i wkraczających do akcji strażaków, a zatem trzeba skupić się nie na słowach, lecz na znaczeniach, które się pod nimi kryją. Wymagana jest przy tym duża samodzielność i elastyczność skojarzeń. Dla przykładu: w cytowanym komunikacie agencja prasowa UPI podała, że „ogień uśmiercił 25 osób i zranił 7 innych”. Należało więc między innymi wydedukować z kontekstu, do czego odnosi się słowo przy liczbie rannych.

Na tym samym Yale University powstał program CYRUS, analizujący informacje dotyczące byłego ame-

rykańskiego sekretarza stanu, Cyrusa Vance'a, i udzielający odpowiedzi w kwestiach związanych z działalnością tego polityka. Zapytany, czy żona Vance'a poznała kiedykolwiek żonę pewnego dyplomaty, CYRUS uznał, że informacja ta ukryta jest w sprawozdaniach z przyjęć dyplomatycznych, na których bywali Vance i ów dyplomata (gdyż zgodnie z protokołem powinni zabierać na nie swoje żony). Stwierdziwszy, że istotnie takie spotkania miały miejsce, udzielił odpowiedzi twierdzącej wnioskując, iż wszystkie żony dyplomatów musiały być sobie wówczas przedstawione.

Profesorowi Rogerowi Schankowi, kierującemu tymi badaniami, nie chodzi naturalnie o tropienie sekretów życia towarzyskiego dyplomatów. „Wydaje mi się, że badania nad opanowywaniem przez maszyny naszego codziennego języka są centralnym zagadnieniem warunkującym stworzenie sztucznego intelektu — stwierdził Schank. — Mamy tu do czynienia z pytaniem: «Jak ludzie myślą?», które zadawali sobie Sokrates, Arystoteles i Platon. I dlatego jesteśmy w pewnym sensie eksperymentalnymi filozofami naszych czasów, poszukującymi prawdy za pomocą komputera”.

Jak widać z powyższych przykładów, komputery stały się już użytecznym narzędziem w ręku sprawnego badacza. Zasłużyły się nie tylko w monotonnych obliczeniach statystycznych i pilnym przeczesywaniu wszystkich kombinacji, które mogły prowadzić do wyniku. Podsuwały także naukowcom pomysły odkryć, a nawet czasem same (uciekając się zwykle do metod heurystycznych) umiały dojść do oryginalnych rezultatów w pracy badawczej.

Do domu na wykład

Tak jak pióro i kartka papieru były przez lata podstawowym narzędziem naukowca, tak w nauczaniu niepodzielnie królowały kreda i tablica. Od kiedy przyjęto schemat: wykład i notatki, w szkolnych izbach i w aulach uniwersyteckich niewiele się zmieniło. Na kredę i tablicę szykuje się jednak zamach stanu. Wbrew trudnościom finansowym i profesorskiemu konserwatyzmowi w szkołach pojawiają się magnetofony i prezencja. Telewizja, magnetowid i projektory filmowe już zdały egzamin wstępny na studia. Podanie o przyjęcie złożyły natomiast urządzenia spod znaku informatyki i cybernetyki. Próby przeszły pomyślnie — potrafią uczyć szybko i rzetelnie, a oceniają obiektywnie.

Warto przy okazji przypomnieć, że wśród pionierów „maszynowego” nauczania był polski konstruktor, Stanisław Trębicki, który już w 1920 roku zaproponował urządzenie nazwane „kartoteką uczącą”. Była to skrzynka na kilkadziesiąt kasetek, zawierająca kartki z pytaniami i odpowiedziami. Wyciągając kolejno kartki i odczytując je według ustalonych zasad, można było być sobie samemu profesorem, asystentem i studentem. Metody programowanego nauczania opracował w 1954 roku amerykański profesor, B. F. Skinner, zakładając, że przyswajanie wiadomości będzie odbywać się w jednakowych małych porcjach. Maszyny zbudowane przez

Skinnera zadawały pytania seriami. Po zakończeniu każdej serii automat powtarzał tylko te pytania, na które odpowiedzi były błędne. I tak dalej aż do skutku, czyli do całkowitego wyczerpania materiału.

W Związku Radzieckim utworzono w początkach lat sześćdziesiątych naukową radę nauczania programowanego. W wielu tamtejszych placówkach oświatowych pracują już maszyny dydaktyczne. Najczęściej są to zestawy sterowanego wykładu, repetytoriów i testów. Za pomocą maszyny „Mir” bada się wstępnie poziom wiedzy słuchaczy, określając ich braki, co pozwala na dostosowanie programu do indywidualnych potrzeb.

Niektóre z polskich projektów maszyn dydaktycznych także doczekały się realizacji. W 1964 roku w Krakowie skonstruowano maszynę egzaminacyjną, dzięki której szybko i sprawnie przeprowadzono przygotowanie do matur w liceum korespondencyjnym. Do akcji włączyły się również ośrodki w Poznaniu (gdzie powstał elektroniczny system uczący ESU 76) i we Wrocławiu. Właśnie na Politechnice Wrocławskiej działa WASC — Wielodostępny Abonencki System Cyfrowy, który ma być wzorcem dla krajowych wyższych uczelni.

Włączenie maszyny do procesu dydaktycznego wymaga czasu oraz interwencji fachowca. Trzeba zmieniać układ skryptów, sposób prezentowania tematów i metody prowadzenia ćwiczeń, ale ten trud jest sownie nagradzany. Oplaca się jeszcze bardziej, gdy na etat profesorski zamiast zwykłej maszyny dydaktycznej zaangażujemy komputer. Komputer tak się ma do konwencjonalnej maszyny dydaktycznej jak aparat rentgenowski do słuchawki lekarskiej. Prześwietla on ucznia na wylot, obnaża jego braki, demaskuje ściąganie, nie dopuszcza, by prześlizgiwał się po przerabianym materiale. Ten sposób nauczania wspaniale pasuje do rodzaju przekazywanej wiedzy, ciężko bowiem wy-

klądać o komputerach bez pomocy samych komputerów, podobnie jak pilotów samolotów odrzutowych nie da się wyszkolić na latawcach.

Przewaga elektronicznej maszyny cyfrowej nad asystentem prowadzącym ćwiczenia jest wyraźna (pierwszą udaną próbę tego rodzaju przeprowadzono w 1958 roku, kiedy to komputer IBM wykładał grupie studentów tajniki arytmetyki binarnej). Maszyna nie denerwuje się, bez zmęczenia powtarza nie zrozumiane partie materiału lub szuka innych, bardziej czytelnych wyjaśnień. Na żądanie sypie jak z rękawa danymi i rysunkami, których zmagazynowała więcej niż nauczyciel z wieloletnim stażem. Ma odwagę przyznać się, że czegoś nie wie. Nie stroni od problemów, co do których nie ma żadnych danych, ale może je sobie wydedukować z innych informacji. Oto przykład: program SCHOLAR opracowany w laboratorium sztucznej inteligencji firmy Bolt, Beranek i Newman został poproszony o podanie, ilu jest stroicielei fortepianów w Nowym Jorku. Maszyna zastanowiła się i odparła:

W NEW HAVEN LICZĄCYM OKOŁO 300 000 MIESZKAŃCÓW JEST 3 LUB 4 STROICIELI FORTEPIANÓW, CO W STOSUNKU DO LICZBY MIESZKAŃCÓW WYNOŚI JEDEN NA 100 000. NOWY JORK LICZY 7 MILIONÓW MIESZKAŃCÓW, STĄD SZACUNKOWO MOŻNA OKREŚLIĆ LICZBĘ STROICIELI FORTEPIANÓW NA OKOŁO 70; NO, POWIEDZMY 50 LUB 60.

Innym razem na pytanie: „Czy w Rio Grande jest uprawiana kukurydza?”, padła odpowiedź: „NIE WIEM, CZY KUKURYDZA JEST UPRAWIANA W RIO GRANDE, CHOCIAŻ WIEM, ŻE ROŚLINĘ TĘ UPRAWIA SIĘ W PAMPASACH. PONIEWAŻ RIO GRANDE MA KLIMAT ORAZ WARUNKI GLEBOWE PODOBNE DO PAMPASÓW, MOŻNA SIĘ SPODZIE-

WAĆ, ŻE NA OBSZARZE RIO GRANDE KUKURYDZA JEST JEDNĄ Z ROŚLIN UPRAWNYCH”.

Szybkość działania komputera pozwala na kontakt z wieloma naraz studentami, a przy tym każdemu wydaje się, że obcuje z maszyną sam na sam (szokujące zwłaszcza dla nas, edukowanych w 35-osobowych klasach). Mając pełną informację o studencie — jego dotychczasowe wyniki w nauce, poziom inteligencji, zainteresowania uboczne, a nawet sytuację materialną i pochodzenie społeczne — maszyna może zdobyć się na luksus indywidualizacji, na przykład podając receptę, jak trafić do najbardziej tępego i opornego słuchacza. Poza tym staje się wiadome na bieżąco, ile i co każdy umie, nie traci się więc czasu na repetycję. Jak stwierdził przedstawiciel kalifornijskiego uniwersytetu w Los Angeles, „w dwa—trzy miesiące nasi słuchacze więcej się nauczyli z pomocą komputera niż przez rok tradycyjnymi metodami”. Praktyka wykazała, że studenci kontrolowani w trakcie nauki (najpierw na testerze trzeba zaliczyć zrozumienie wykładu, dopiero potem można iść na ćwiczenia) otrzymują na egzaminach znacznie lepsze oceny.

Czas zaoszczędzony przez egzaminatorów, zmuszanych przedtem do sprawdzania w pośpiechu kwestionariuszy testowych, nie jest tu chyba najważniejszy — istotniejsze, że pozbędą się oni dzięki temu powszechnych dotychczas posądzeń o brak obiektywizmu w ocenie. Doskonalszym wcieleniem automatycznego egzaminatora jest układ samodzielnie programujący zadania testowe. Wnioski z analiz egzaminów z lat poprzednich wykorzystuje on do ułożenia optymalnego zestawu pytań, który najtrafniej odsiewa studentów nie rozumiejących przerobionych zagadnień.

Automatyzacja procesu dydaktycznego spotkała się z bardzo przychylną oceną studentów. Po zaliczeniu eksperymentalnego semestru słuchacze uniwersytetu w

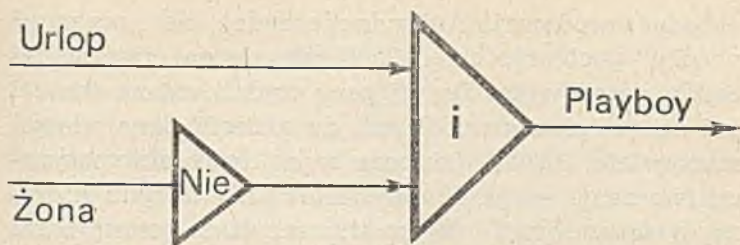
Massachusetts na zasadnicze pytanie ankiety: „Czy jesteś za utrzymaniem takiego systemu nauczania?” odpowiedzieli w 86 procentach twierdząco, a zaledwie w 2 procentach padło zdecydowane „nie”. Podstawowymi zaletami systemu według ankietowanych są: łatwość przyswajania sobie wiedzy (70 procent), możliwość natchmiastowej kontroli własnych wiadomości (18 procent) i zlikwidowanie prac zadawanych do domu (6 procent) oraz brak nerwowego napięcia podczas oczekiwania na wynik egzaminu. Za jedyną wadę uznano brak możliwości „targowania się” o stopień.

Wykładowcy o wiele ostrożniej wyrażali się o systemie. Tylko 52 procent opowiedziało się za kontynuacją eksperymentu. Zarzucali oni maszynie zbyt małą elastyczność i brak „podejścia ludzkiego”. To jasne: nie dość, że zmuszeni zostali do dodatkowych prac przy wprowadzaniu automatyzacji i zrezygnowania z dotychczasowych metod i przyzwyczajzeń, jeszcze na domiar złego mogli się poczuć zagrożeni konkurencją ze strony komputera.

Znacznie poważniejsze i chyba nie pozbawione słuszności zarzuty padły jednak ze strony mądrych, starych pedagogów. Przyznają oni, że programowana edukacja pozwala szybko i dogłębnie wniknąć w sekrety studiowanego przedmiotu, obawiają się jednak wytworzenia u uczniów podświadomego przekonania, że na każde zadane pytanie zawsze istnieje odpowiedź, „że nie trzeba się zastanawiać, poszukiwać i myśleć — wystarczy się nauczyć”. A zatem automatyzacja nauczania rykoszetem może się przyczynić do zaniku wyobraźni i inwencji. Młody człowiek szkolony przez maszynę gotów także nabrać przesadnego szacunku dla jej niewyczerpanej wiedzy i stworzyć sobie fałszywy autorytet. Zapobiega się temu prostymi ćwiczeniami, zalecając studentowi wystąpienie w odwrotnej roli jako nauczyciela maszyny.

Oczywiście żadna maszyna nie potrafi w pełni zastąpić człowieka i nigdy go pewnie nie zastąpi. Nawet wówczas, gdy (jak przepowiadają futurologi) możliwe będzie oddziaływanie elektromagnetyczne między komputerem i mózgiem — bezpośredni przekaz informacji do mózgu za pomocą fal elektromagnetycznych bez przewodów i elektrod. Wiele wątpliwości rozstrzyga się przecież wyłącznie przez kontakt z nauczycielem, jego osobisty przykład. Jednakże komputer może przejąć pracochłonne i powtarzające się czynności dydaktyczne. Pora nadeszła — programy lekcyjne są tak przeładowane, że prawie nie zostawiają czasu na wnikliwe zajęcie się problemami ucznia. Stracić na automatyzacji mogą tylko kiepscy nauczyciele, których funkcja ogranicza się do utrzymywania porządku w czasie zajęć. Prawdziwych pedagogów maszyna zbliży do słuchaczy, umożliwi im opiekę nad repetentami i zaspokojenie głodu wiedzy najzdolniejszych.

Bez wątpienia komputer nie powinien wbijać ludziom do głowy dat, faktów i wzorów. Trzeba, żeby wykształcał w nich raczej ogólne pojęcia, uczył metodyki rozwiązywania problemów, jednym słowem, ćwiczył korę mózgową. Obarczające umysł dane niech zapisuje w swojej obszernej pamięci sam komputer — w razie czego będzie pod ręką i można go o nie spytać. Egzamin stanie się wtedy istotnie sprawdzianem inteligencji, a nie teleturniejem — licytacją zgromadzonych liczb i faktów. Naturalnie dla dialogu z maszyną cyfrową trzeba wtedy wiele rzeczy przedstawić w postaci algorytmicznej, ale to nie problem — prawie wszystko da się wyrazić w formie strawnej dla komputera. Na przykład firma Siemens w podręczniku programowania umieściła obrazek przedstawiający panią robiącą w fotelu na drutach i pana z młodą dziewczyną na leżaku pod palmami. Komentarz: aby stać się playboyem trzeba mieć urlop i pozostawić żonę w domu.



Rys. 18

To samo w wersji dla komputera: „urlop i (nie) żona = playboy”. Pokazany został też układ logiczny maszyny realizujący to zadanie (rys. 18).

Wyposażona w maszyny uczelnia prowadzi przy użyciu tego samego komputera jednocześnie wykłady, ćwiczenia, konsultacje i kolokwia. Słuchacze niekoniecznie muszą gromadzić się w tej samej sali. Po przyjęciu na uniwersytet student może wypożyczyć końcówkę komputera i podłączyć ją do kabla telefonicznego w akademiku lub własnym domu. Odbywa tam większość zajęć i tylko co pewien czas pojawia się na uczelni. Brytyjski Open University zrobił pierwszy krok w tym kierunku. Wykłady prowadzi przez telewizję, do kursantów zaś wysyła testy egzaminacyjne i zestawy materiałów doświadczalnych, które są programowane i oceniane przez komputery. Jest to ogromna szansa na zrealizowanie od dawna upragnionego celu: prawdziwie powszechnej edukacji, która nie dyskryminuje mieszkańców małych miasteczek, ludzi mniej zdolnych lub chorych. Można sobie samemu wyznaczać plan zajęć, regulować tempo i zakres przyswajanego materiału.

Według przewodniczącego francuskiej grupy roboczej do spraw automatyzacji nauczania produkcja urządzeń edukacyjnych będzie wkrótce dla przemysłu elektronicznego równie ważna, jak produkcja na potrzeby

obrony narodowej. Amerykanie sądzą, że „przemysł wiedzy” pochłonie około 2000 roku jedną czwartą dochodu narodowego. Do tej pory wydali oni na ten cel już sporo pieniędzy. Przed dwudziestu laty ułożyli mianowicie PLAN działania w zakresie automatyzacji nauczania — pisali umyślnie PLAN dużymi literami, a oburzonym filologom tłumaczyli, że jest to skrót od Project of Learning in Accordance with Needs (Projekt Nauczania w Zgodzie z Potrzebami). Stworzyło to warunki umożliwiające powstanie najdoskonalszego systemu komputerowego nauczania, nazwanego PLATO na cześć Platona — słynnego greckiego filozofa, a przy tym znakomitego pedagoga (jego wychowankiem był Arystoteles), oraz ze względu na skrót od Programmed Logic for Automatic Teaching Operation — Programowana Logika do Automatycznej Operacji Nauczania (znowu ulubiony przez informatyków żart z podwójnym znaczeniem nazwy). System ten zbudowano z inicjatywy Donalda Bitzera, dyrektora laboratorium komputerowego nauczania na uniwersytecie stanu Illinois w Urbana i przy współudziale firmy komputerowej Control Data Corporation, która ofiarowała swoją najnowocześniejszą wówczas maszynę Cyber 70. Dla łatwiejszego przygotowywania lekcji PLATO wyposażony jest we własny język programowania TUTOR. W PLATO IV, kolejnej wersji systemu, powstałej po ośmiu latach doświadczeń, ponad tysiąc końcówek komputerowych rozmieszczono w różnych salach, w sąsiednich budynkach, a nawet, wykorzystując linie telefoniczne, w odległych miastach. Dzięki temu system jest gotów do prowadzenia miliona godzin zajęć lekcyjnych w ciągu roku i to na jakim się chce poziomie — od szkoły podstawowej po studia podyplomowe dla kadry kierowniczej — i z dowolnego przedmiotu. Tematów, których naucza PLATO, jest około 150, a wśród nich: biologia, chemia, administracja, stu-

dia inżynierskie, języki, geografia, muzyka, psychologia, medycyna i weterynaria.

W toku całorocznych prac badawczych, które z udziałem systemu PLATO wykonywałem na Uniwersytecie Indiana, udało mi się skorzystać z kilku dostępnych kursów. Byłem zdumiony stwierdzając, jak łatwo i przyjemnie człowiek gromadzi wiedzę, serwowaną mu przez PLATO.

Chociaż Uniwersytet Indiana jest szkołą dość zamożną, mógł on sobie pozwolić na wydzierżawienie jedynie 15 końcówek, które cieszyły się zawsze bardzo dużym powodzeniem. Stosunkowo najłatwiej było docisnąć się do nich na początku semestru, kiedy najmłodszy studenci nie wiedzieli jeszcze o istnieniu systemu. Później musiano już wprowadzić książki zapisów, a rezerwacji trzeba było nieraz dokonywać o tydzień wcześniej (przy półgodzinnym limicie czasu na osobę).

Większość asystentów i wykładowców została przeszkolona w stosowaniu PLATO. Zobowiązano ich do przekazania swojej wiedzy studentom, których nazwiska wprowadzono do rejestru systemu. Studenci na ogół szybko przyswajali sobie zasady współpracy z terminalem i z zapalem przerabiali zadany materiał dydaktyczny. Jak wykazały testy kontrolne, studenci posługujący się PLATO osiągnęli już po jednym semestrze rezultaty znacznie lepsze niż ich koledzy, którzy nie mieli dostępu do końcówek. Wielu studentom tak spodobała się współpraca z systemem, że mimo wielu obowiązków, zgłaszali oni swą pomoc w jego doskonaleniu i rozbudowie, wykonując bezpłatnie znaczną część prac, zwłaszcza w dziedzinie programowania.

Wskutek intensywnej eksploatacji wszystkich terminali zdarzało się często, że centralny komputer — znajdujący się w odległym o 500 kilometrów Urbana-Champaign — nie wytrzymał nadmiernego obciążenia i przerywał połączenie. Po pewnym czasie prze-

rwy te stały się tak nagminne, że wywołało to wiele skarg od osób, którym przepadały pisane właśnie programy. Kierownictwo serwisu obliczeniowego musiało zatem przeprowadzić analizę wykorzystania systemu. Okazało się wówczas, że znaczną część winy ponoszą studenci (ale, jak sądzę, i pokaźna grupa pedagogów), nielegalnie oddający się różnego rodzaju grom z maszyną. PLATO dysponuje bowiem bogatym zestawem rekreacyjno-rozrywkowym: od szachów, GO i pokera, po „wojny gwiazdne”, „wyścigi samochodowe” i „szubienicę”. Wprowadzono więc blokadę tych programów i sytuacja szybko się poprawiła.

PLATO stosuje rozmaite metody przekazywania wiedzy — wymaga od uczniów odpowiedzi na pytania lub wyboru właściwego rozwiązania z kilku wariantów, bawi się z nimi w rozmaite gry, wyświetla przezrocza i animowane filmiki lub dokonuje na ekranie pozorowanych eksperymentów. Jest to możliwe dzięki temu, że w komputerowych końcówkach, przez które maszyna porozumiewa się ze studentami, zastosowano specjalny ekran o podwójnych ściankach rozdzielonych gazem, będący właściwie lampą neonową. Pozwala on, jak zwykły monitor ekranowy, na wyświetlanie i kasowanie liter lub cyfr z prędkością 180 znaków na sekundę, ale umożliwia też prezentację ruchomych obrazów z równą ostrością jak telewizor. Zapis utrzymuje się na ekranie bez konieczności stałego odtwarzania, a dowolne fragmenty obrazu dają się ponadto wymazywać lub uzupełniać, nie naruszając pozostałej części. Jest to możliwe, albowiem zainstalowane dodatkowo elementy elektroniczne, wykorzystujące promieniowanie podczerwone, wykrywają miejsce, w którym ekran został z zewnątrz dotknięty. Uczeń może zatem komunikować się z maszyną, wskazując palcem właściwe punkty obrazu. Zacytujmy fragment takiego dialogu z lekcji geometrii w szkole podstawowej.

PLATO: NARYSUJ CZWOROBOK, KTÓRY MA TYLKO DWIE OSIE SYMETRII.

Uczeń rysuje:



NIE, TWOJA FIGURA MA CZTERY OSIE SYMETRII:



SPRÓBUJ, PROSZĘ, JESZCZE RAZ.

Uczeń rysuje:

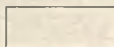


DOBRCZE! TWOJA FIGURA MA OSIE SYMETRII, KTÓRE NIE PRZECHODZĄ PRZEZ WIERZCHOŁKI:



NARYSUJ TERAZ CZWOROBOK, KTÓRY MA TYLKO DWIE OSIE SYMETRII PRZECHODZĄCE PRZEZ WIERZCHOŁKI.

Uczeń rysuje:

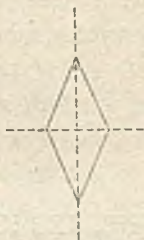


NARYSOWAŁEŚ JUŻ POPRZEDNIO TEN RODZAJ FIGURY. CZY CHCESZ MNIE ZROBIĆ W KONIA?

Uczeń rysuje:



BARDZO DOBRZE!!



PLATO, jak widać, jest nauczycielem spokojnym i wyrozumiałym, ale nie pozwala się oszukiwać lub zbyć byle czym. Kontroluje poprawność odpowiedzi i potrafi wskazać źródła błędów:

PLATO: $8 \times 8 = ?$

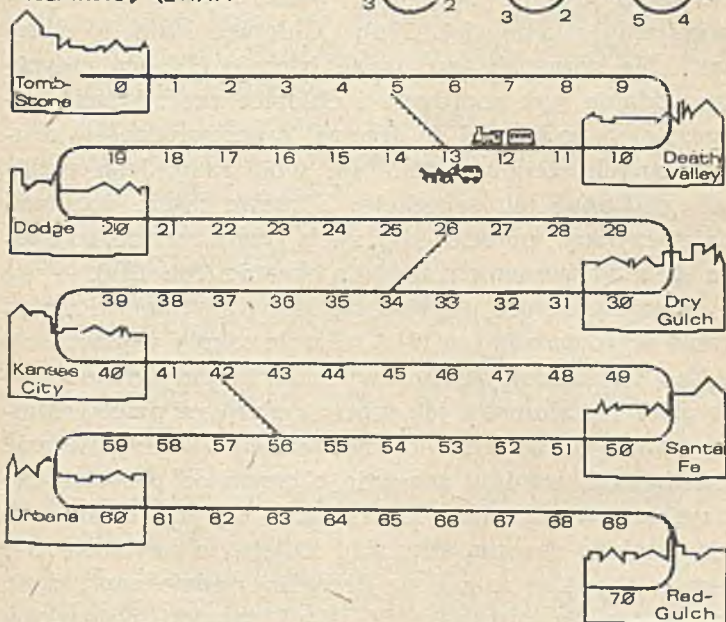
Uczeń: $8 \times 8 = 16$.

PLATO: CZY CHCIAŁEŚ PODAĆ WYNIK 8×8 , CZY $8 + 8$?

Dla niezbyt pilnych PLATO ma atrakcyjne propozycje. Gdy tylko dziecko usiądzie przed monitorem, na ekranie pojawia się napis: CZEŚĆ, CZY CHCESZ SIĘ ZE MNĄ POBAWIĆ? Wystarczy, że oporny pierwszoklasista naciśnie klawisz „Tak”, i już wsiąkł na pół dnia. PLATO zarzuca go dziesiątkami zabaw, które niepostrzeżenie zmuszają do przerabiania lekcyjnego materiału. Powiada na przykład: MAM DLA CIEBIE PASJONUJĄCĄ GRĘ W „DZIKI ZACHÓD”. Na ekranie ukazuje się sylwetka pociągu i dylizansu, które ścigają się na trasie między kilkoma miastami. Wybrany

LOCOMOTIVE's Turn:

Your numbers: **2 4 1**
 Your move $\gg (2+1) \times 4$



Rys. 19

pojazd można posunąć do przodu o liczbę pól wynikającą z rozwiązania prostego równania (tylko cztery podstawowe działania), do którego trzeba wstawić trzy wylosowane przez PLATO cyfry, wskazywane przez zegary w prawym górnym rogu. Po drodze są skróty, a dodatkową premię — dziesięć pól do przodu — można również uzyskać stając dokładnie w którymś z miast etapowych. Dziecko, starając się za wszelką cenę pierwsze dojechać do mety, orientuje się przy okazji, że $(2+1) \times 4$ to nie to samo, co $2+1 \times 4$ (rys. 19).

Dość arytmetyki, zabieramy się do gramatyki. Na ekranie pojawia się dwanaście prostokątów, a w nich

słowa (rzeczowniki są dodatkowo ilustrowane przez rysunki: dziewczynka, pies, drzewo, kot, dom, samochód, chłopiec, królik). Dotykając właściwych prostokątów budujemy zdanie (fot. 19a): „Chłopiec idzie do drzewa”. Na górze ekranu widać istotnie chłopca i drzewo. Zdanie jest poprawne i chłopiec rzeczywiście porusza się i podchodzi do drzewa. Z przewrotnością drugorocznych komputer też daje sobie radę. Jeśli złośliwie podsunąć mu sentencję: „Drzewo niesie dom nad dziewczynką”, przecież poprawną gramatycznie, to upora się z odtworzeniem tego na ekranie (fot. 19b).

Maszyny uczące pierwszoklasistów arytmetyki i czytania wprowadzono w 1966 roku do szkoły w East Palo Alto (Kalifornia). Miejsce wybrano nieprzypadkowo — w dzielnicy slumsów (80 procent czarnych dzieci). Malcy bawili się terminalami znakomicie — przy ilorazie inteligencji uczniów znacznie niższym od przeciętnego uzyskano wyniki dużo lepsze niż w innych, cieszących się ustaloną renomą szkołach. Kolejnym sukcesem był eksperyment w szkole w Brookline, gdzie zaproszono komputer do prowadzenia lekcji muzyki i języków obcych w klasie szóstej. Potwierdzeniem powodzenia maszyny był rysunek w lokalnej gazecie, przedstawiający dziecko, które z grobową miną wraca do domu i powiada do matki: „Cóż za dzień! Komputer się popsuł i sprowadzili jakiegoś nauczyciela”.

Żeby nie stwarzać wrażenia, że komputery zdzieciniały do reszty, przejdźmy na wyższy poziom edukacji i przyjrzyjmy się ćwiczeniom z chemii na temat analizy złożonych związków. Terminal jest wolny, można zaczynać zgodnie z instrukcją na ekranie: „Aby rozpocząć, naciśnij klawisz NEXT — Następny”. PLATO wyświetla zegar wskazujący pierwszą czternaście po południu w środę, szesnastego stycznia 1980 roku, słowa powitania, prośbę o nazwisko użytkownika i potem o przyciśnięcie klawisza „Następny”. Uczeń na-

ciska, a wtedy PLATO prosi go o zadawanie pytań w celu zidentyfikowania nieznanej substancji chemicznej.

Uczeń: Jaki kolor ma nieznana substancja?

PLATO: JAKO CIAŁO STAŁE JEST BIAŁA, JAKO CIECZ BEZBARWNA.

— Jaką ma temperaturę topnienia?

TEMPERATURA TOPNIENIA WYNOŚI 19—21°.

— Jak wygląda nmr? *

WIDMO 60 MHZ. WYKRES OTRZYMASZ NACISKAJĄC KLAWISZ „DANE”.

— Jaka jest jej rozpuszczalność?

MUSISZ SPRECYZOWAĆ PYTANIE.

— Czy jest rozpuszczalna w H_2SO_4 ?

JEST ROZPUSZCZALNA W ZIMNYM ROZTWORZE H_2SO_4 .

— Kiedy wrze?

TEMPERATURA WRZENIA PRZY CIŚNIENIU 760 WYNOŚI 195—200°.

— Test nadmanganianowy?

NIEZNANA SUBSTANCJA REAGUJE WOLNO Z $KMnO_4$. CZY JUŻ WIESZ, CO TO JEST?

— Acetofenon.

OK.

Informatycy przypomnieli także rozpowszechniony w starożytnych Atenach, a przypisywany Sokratesowi, sposób uczenia, w którym adept zdobywa wiedzę, prowadząc partnerską rozmowę ze swoim mistrzem. System SOKRATES obsługuje uczelnie kalifornijskie, kształcąc między innymi większość słuchaczy kursów zarządzania zakładami przemysłowymi.

* nmr — nuclear magnetic resonance (jądrowy rezonans magnetyczny) — zjawisko pochłaniania rezonansowego energii magnetycznej zależne od magnetyzmu jąder

SOKRATES: MIANOWANO CIĘ DORADCĄ W FIRMIE WYTWARZAJĄCEJ ŁOŻYSKA KULKOWE. POLECONO CI NA POCZĄTEK OBNIŻYĆ KOSZTY PRODUKCJI. PYTAJ O POTRZEBNE INFORMACJE.

Student: Jaka jest roczna wielkość produkcji?
PROSZĘ. OTO WYKAZ Z PIĘCIU OSTATNICH LAT.

— Dane na temat asortymentu.
OTO ONE.

— Zużycie surowca.
PROSZĘ BARDZO.

— Podatki.

O JAKIE PODATKI CHODZI? RADZIŁBYM PYTAĆ NAJPIERW O PODATEK FEDERALNY. WYNOSI ON OKOŁO 50 PROCENT.

— Jak jest z zatrudnieniem?

PODAJĘ NAJŚWIEŻSZE DANE, ŁĄCZNIE Z WYDAJNOŚCIĄ POSZCZEGÓLNYCH GRUP ROBOTNIKÓW. O TO JEDNAK POWINIENES SIĘ DOWIADYWAĆ NA POCZĄTKU.

— Dziękuję, to chyba wystarczy.

CZY MASZ JUŻ JAKĄS KONCEPCJĘ?

— Może podsunąłbyś mi jakiś pomysł?

MYŚLĘ, ŻE NALEŻAŁOBY JESZCZE ZAPYTAĆ O ZUŻYCIE MASZYN I NARZĘDZI, A POTEM ROZWAŻYĆ NASTĘPUJĄCĄ HIPOTETYCZNĄ SYTUACJĘ...

Żywią i bronią

Psychologia, medycyna, fizyka, historia, edukacja — wymienione już dziedziny, w których zastosowano inteligentne maszyny — to tylko niewielki ułamek możliwości zaprzęgnięcia komputerów do prac wykonywanych dotąd przez człowieka. Encyklopedia komputerowa podaje je w porządku alfabetycznym: administracja, bankowość, bibliotekarstwo, budownictwo, energetyka, handel, informacja naukowo-techniczna, inwentaryzacja, kryminalistyka, meteorologia, nauki społeczne, pła-ce, transport, wojsko. Podział może trochę sztuczny, ale pokrywający znaczną część obszaru ludzkiej aktywności. Gdyby zależało nam na jakiegokolwiek dyscyplinie, której na powyższej liście zabrakło, to okazałoby się, że wprowadzenie do niej maszyn również rokuje znaczne korzyści. W większości przypadków zresztą, jeśli dobrze poszperać, wychodzi na jaw, że już ktoś od pewnego czasu próbuje tam maszyny stosować.

Poprosiłem paru znajomych o wymienienie dziedzin, w których, ich zdaniem, nie stosuje się laserów, kamer telewizyjnych lub komputerów. Odpowiadali na ogół zgodnie z własnymi zainteresowaniami, ale wydawały im się kompletnie nie związane z maszynami. Architektura — proszę bardzo, są przykłady konstrukcji wyli-

czonych przez maszyny i szkice budynków pochodzące z komputerowych urządzeń kreślarskich (fot. VII). Rolnictwo — oprócz dokładnego obliczania plonów na długo przed zbiorami są też ciekawe wyniki badań komputerowych nad najodpowiedniejszymi gatunkami pszenicy zależnie od rodzaju gleby. Pewien ośrodek komputerowy zbił fortunę oferując swe usługi właścicielom ogródków przydomowych. Podajesz wymiary, klasę ziemi i swoje ulubione rośliny, maszyna zaś drukuje szczegółowy plan zagospodarowania działki. Sport — od czasu olimpiady w Monachium nikt już nie odważy się zorganizować wielkiej imprezy sportowej bez pomocy elektronicznych urządzeń pomiarowych i obliczeniowych. Komputerowa analiza zarejestrowanych na taśmie filmowej ruchów sportowca umożliwia wykrycie drobnych błędów w ich wykonywaniu, pozwalając na korekturę układu ciała, a także obliczenie granicy rekordów sportowych zależnych od ludzkiej wytrzymałości i siły mięśni. W takich na przykład dyscyplinach, jak pchnięcie kulą, rzut dyskiem i oszczepem — współpraca z maszyną cyfrową poprawiła rezultaty wielu wybitnych zawodników. Najbardziej znany jest przypadek tenisisty Jimmy Connorsa, u którego komputer dostrzegł niewidoczny dla trenerów nawyk unoszenia stopy na niecałe pół mikrosekundy przed serwem. Pozbywszy się tego odruchu, Connors zwiększył szybkość odbijanej piłki niemal o połowę.

Sprawdzajmy dalej: oceanografia — na każdym większym statku badawczym jest „zamustrowany” komputer (maszyny cyfrowe przyczyniły się do odkrycia „wielkiej ropy” pod dnem Morza Północnego). Hodowla zwierząt — a jakże, nawet tu coś się znajdzie. Amerykanie stosują maszyny cyfrowe do usprawnienia hodowli indyków, a Australijczycy do uzyskiwania nowych krzyżówek owiec i wyboru optymalnego terminu ich strzyżenia.

Jednemu ze znajomych, który nie dowierzał realnym szansom zatrudnienia komputerów w polityce, podsunąłem książkę, która na ten temat została już w Polsce wydana. Maszyny, dysponując dokładnymi modelami sytuacji ekonomicznej państwa, jego siły militarnej, nastrojów ludności i stosunków międzynarodowych, mogą całkiem trafnie przewidywać rozwój sytuacji. Jedna z nich, nazwana „Ideology Machine”, operowała 500 rzeczownikami i 100 czasownikami ze słownika polityki zagranicznej, umożliwiając szczegółową jej analizę. Podobno niektóre rządy swoje decyzje w polityce wewnętrznej i międzynarodowej w dużym stopniu opierają już na sugestiach nadchodzących z komputerowego centrum analiz. Do ich rzetelności przyczynia się socjologia stosująca maszyny do przewidywania zmian społecznych. Już w 1962 roku powstał „Homunculus” — maszynowy model elementarnego zachowania społecznego; obecnie w pamięci komputera na Uniwersytecie Kalifornijskim znajduje się bardzo szczegółowy model całego społeczeństwa. Brzmi to może paradoksalnie, ale maszyny cyfrowe wspierają nas również w walce z niepożądanymi skutkami cywilizacji technicznej (w Polsce np. przygotowywany jest komputerowy system przepisów prawnych o ochronie środowiska).

Kosmiczne batalie inteligentnych robotów są jeszcze czystą fantazją rodem z *Wojen gwiazdnych*. Czy długo? Komputery służą przecież w wojsku od momentu swych narodzin. Powstały bowiem właśnie dla potrzeb armii i na początku były używane wyłącznie do obliczeń torów balistycznych oraz do nawigacji w marynarce i w lotnictwie. Teraz stosuje się je także do gromadzenia i przetwarzania informacji pochodzących ze zwiadu, nanoszenia na mapy aktualnego położenia oddziałów, drukowania dokumentów bojowych, rozkazów i szyfrowania wiadomości. Komputery pomagają w podejmowaniu decyzji na polu walki, natychmiast oce-

nią sytuację i, porównując ją z poprzednią, wybierają właściwy sposób obrony i ataku, zaopatrzenia i ewakuacji rannych. Tu ceną się je wysoko, zwłaszcza w czasie akcji, gdy trudno zachować zimną krew, a warunki zmieniają się błyskawicznie. Maszyny cyfrowe są karnymi adiutantami dowódców nowoczesnych armii. Duże jeżdżą w specjalnych przyczepach samochodowych, minikomputery mieszczą się w połowych łażkach. W zautomatyzowanych systemach obrony przeciwlotniczej radar wykrywa samoloty nieprzyjaciela i przekazuje sygnał komputerowi, który bezbłędnie naprowadza rakiety na cel. Człowiek pozostaje w cieniu, ale obserwuje działania maszyn i w każdej chwili może wkroczyć do akcji. Błąd jest wprawdzie mało prawdopodobny, ale różnie bywa.

Zastosowanie komputerowego systemu SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) w North American Defence Command pozwoliło na zmniejszenie liczby szczebli dowodzenia. Podobna operacja w lotnictwie sprawiła, że potrzebne były już tylko dwa szczeble dowodzenia. W dodatku, dzięki pełnej komputeryzacji lotnisk połowych, samoloty mogły na nich lądować co kilkanaście sekund. Maszyny wyśmienicie nadają się też do symulowania gry wojennej — można z nimi ćwiczyć najtrudniejsze warianty strategiczne.

Opracowany przez firmę General Electric system DEACON służy natomiast dowódcy pełną informacją o podległych mu jednostkach. Można zwrócić się do komputera z pytaniem o każdy drobiazg:

Kto jest dowódcą batalionu 638?

DOWÓDCĄ BATALIONU 638 JEST JONATHAN M. PARKER.

Gdzie jest Parker?

FORT LEWIS, FORT IRWIN. (Okazuje się, że jest dwóch Parkerów).

Gdzie jest ppłk Parker?

FORT LEWIS.

Jakie uczelnie ukończył ppłk Parker?

GŁÓWNA SZKOŁA DOWODZENIA, SZKOŁA PIE-
CHOTY.

Jaka jest gotowość batalionu ppłka Parkera?

POMARAŃCZOWA.

Jaka jest odległość 638 od San Diego?

61.

Dane: 638 opuści Fort Lewis o 1950!

ROZKAZ.

Skoro już jesteśmy przy maszynach naśladowujących niezbyt godne pochwały cechy natury ludzkiej, doprowadźmy temat do końca. Nie ma, co prawda, na razie urządzeń, które klną, piją lub narkotyzują się, ale pewne ułomności naszego charakteru nie są im obce. Dopuszczają się one na przykład rozmaitych przestępstw, a ściślej: współdziałają w ich popełnianiu. Kiedy w jednym z filmów serii Fantomasa akcja przenosi się do podziemnego królestwa tego supergangstera, mamy okazję obserwować, jak przemyślnie wykorzystuje on do swoich niecznych celów zdobycze techniki. Na planie aż gęsto od monitorów telewizyjnych, radiotelefonów i rozmaitych automatów. Nad ich synchronizacją i bezpieczeństwem całego elektronicznego mocarstwa czuwa umieszczony w najgłębiej położonej sali ogromny komputer. Maszyna ta zbiera ponadto dane o systemach alarmowych wielkich banków, analizuje tryb życia bogatych obywateli i opracowuje plany przestępczych operacji.

W tym przypadku fantazja autora scenariusza znacznie wyprzedziła rzeczywistość. Współcześni przestępcy stosują czasem miniaturowe urządzenia podsłuchowe, łączność radiową, a nawet sprzęt laserowy, na razie jednak o używaniu przez nich komputerów mowy nie ma. Maszyny cyfrowe przydałyby się im na pewno, ale dotychczas są zbyt drogie i trudno dostępne. Niełatwo

byłoby je ukryć przed policją, a do ich obsługi trzeba angażować fachowców, których należałoby wtajemniczyć w przeznaczenie obliczeń.

Zdarza się natomiast, że normalnie pracujące maszyny nie zawsze są wykorzystywane zgodnie z prawem. Rzadko bywa, aby wykroczenia te obciążały samych właścicieli komputerów. Jeśli nawet dyrekcja koncernu poleci ośrodkowi obliczeniowemu wyznaczenie optymalnej strategii wykończenia firmy konkurencyjnej, to można jej stawiać zarzuty raczej natury etycznej niż doszukiwać się złamania jakiegoś paragrafu. Komputerowe przestępstwa dokonywane są zazwyczaj przez ludzi, którzy z racji swego zawodu lub przez przypadek mają dostęp do maszyny i starają się spożytkować to na własną rękę.

„Kombinacje z powtórzeniami” — to pojęcie bynajmniej nie z gwary kombinatorów; jest to termin stosowany w jednej z dziedzin matematyki, zwanej kombinatoryką. Jeśli zatem ludzie legitymujący się znajomością teorii procesów decyzyjnych, metod programowania, rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej zdecydują się na ominięcie przepisów, wówczas przygotowują z pewnością tę operację tak logicznie i zrealizują ją tak konsekwentnie, że będzie ona bardzo trudna do wykrycia. A cóż mogłoby im pomieścić szyki, gdy dokonają tego na terenie, na którym tylko oni się poruszają — na obszarach działania komputerów?

Wystarczy drobiazg: pominięcie jakiegoś słowa lub litery w programie, inne połączenie jednego z tysięcy obwodów. Coś, co wygląda na całkiem przypadkowy błąd, może zapewnić sprytnemu operatorowi czy programiście dostatnie życie do późnej starości. Umiejętne wprowadzenie takiej zmiany powoduje, że nie da się jej wytropić ani przez sprawdzenie wyników, ani układami wewnętrznej kontroli umieszczanymi w samej

maszynie. Bezkarności takiego procederu sprzyja powszechne przekonanie o nieomyślności komputerów. Gdyby zresztą ktoś zechciał się upewnić o poprawności wszystkich zawartych w maszynie informacji i sporej biblioteki programów służących do przetwarzania tych danych, miałby zapewne co robić na całe lata.

Dlatego też personel ośrodków obliczeniowych dobiera się z największą ostrożnością. Dąży się do tego, aby zespół zasługiwał na zaufanie w tym samym stopniu, jak ściśle kierownictwo przedsiębiorstwa. W praktyce przecież obie grupy dysponują tymi samymi informacjami. Bezwiedna niedyskrecja lub, co gorsza, świadome skopiowanie danych grozi ogromnymi stratami. Odsprzedanie konkurencyjnej firmie fragmentu taśmy magnetycznej z pamięci maszyny, na której zapisano aktualny stan finansowy i plan produkcyjny firmy, może doprowadzić do kompletnego bankructwa. Fachowcy zaś potrafią wykraść informacje z pozornie niedostępnych banków danych nie zostawiając najmniejszych śladów. Wykazali to swego czasu amerykańscy studenci, którzy dobrali się do tajnych planów dowództwa sił powietrznych, mimo że teoretycznie nie mogli w żaden sposób sprowadzić ich do swojej końcówki komputerowej.

Jasne więc, że informatycy, mający w rękach tak poważne atuty, są znakomicie opłacani. Ale przy tym pilnuje się ich niemal jak agentów wywiadu. Na terenie ośrodka obliczeniowego nie zezwala się na prowadzenie rozmów, dopuszcza się tylko lakoniczne uwagi związane z pracą. Personelowi zabrania się prywatnych kontaktów między sobą po opuszczeniu budynku. Wynajmuje się detektywów obserwujących życie rodzinne pracowników i pilnujących ich w czasie urlopów. Ograniczenia te, naturalnie, budzą sprzeciw samych zainteresowanych, którzy nie najlepiej czują się w roli potencjalnych oszustów. Jednak interwencje po-

dejmowane nawet przez związki zawodowe niewiele dają. Gra idzie o zbyt wysoką stawkę.

Mimo tych środków ostrożności przestępstwa komputerowe zdarzają się coraz częściej. Programiści jednego z koncernów naftowych „zapomnieli” zlecić maszynie odbieranie informacji o osobach przechodzących na emerytury, różnicę między normalnymi wynagrodzeniami a wysokością renty zgarniali zaś do własnych kieszeni. Biegły ekonomista zatrudniony przy opracowywaniu systemu rozliczeń bankowych wprowadził do komputera zakaz wykonywania odejmowania na pozycji zgodnej z numerem jego konta. Niezależnie od sumy, jaką potem podejmował, zostawało mu zawsze tyle samo pieniędzy.

Sporo czasu upłynęło, zanim odkryto, że komputer administrujący dużym towarzystwem żegludowym przy sporządzaniu listy płac dwukrotnie odczytuje nazwiska pewnych osób. Trudno to uznać za zbieg okoliczności, skoro ani jedna z nich, otrzymując co miesiąc podwójne wynagrodzenie, nie zameldowała o tym dyrekcji. W znanym francuskim domu sprzedaży wysyłkowej zwolniono dyscyplinarnie panienkę zajmującą się na pół etatu perforowaniem kart. Dziewczyna została z otwartymi rękami przyjęta przez inną firmę. Sporządziła bowiem uprzednio duplikaty dziurkowanych kart klientów i ich zamówień na najbliższy kwartał. Wystarczyło teraz rozesłać do nich oferty z nieco niższymi cenami, aby poprzedni pracodawca znalazł się na granicy ruiny.

Przytoczone przykłady są tylko nikłą częścią ujawnianych afer, te zaś prawdopodobnie kroplą w morzu spraw nigdy nie wykrytych. Jak twierdzi R. Muchlen, „pierwszy detektyw komputerowy”, który wytropił już 130 takich wypadków, 90 procent z nich wychodzi na jaw zupełnie przypadkowo.

Stróżom prawa przybyła więc nowa dziedzina, którą

muszą się zainteresować. Komputerowe przestępstwa przysporzą im pewnie jeszcze wiele kłopotów, ale z drugiej strony maszyny cyfrowe uwolniły ich od innych uciążliwych obowiązków. Dochodzenia w sprawach kryminalnych i gospodarczych wymagają coraz częściej porównywania olbrzymiej liczby danych, drobiazgowej analizy materiału dowodowego i stawiania hipotez na podstawie strzępków informacji. Komputery „przepadają” za taką robotą — przydały się na przykład przy roztrząsaniu wydarzeń towarzyszących morderstwu prezydenta Kennedy’ego. Maszyny sterują wyszukiwaniem podejrzanych w kartotekach, zestawiają ślady linii papilarnych (fot. 22), bawiąc się w fizjonomistę składają rozmaite połączenia części twarzy i sylwetki bandytów na podstawie zeznań świadków. Bank danych przechowywany w pamięci komputera należącego do Scotland Yardu zawiera kartoteki dwu milionów osób i jest dostępny z każdego z 800 komisariatów w Wielkiej Brytanii.

Organa ścigania dążą do posiadania najbardziej wszechstronnych i szczegółowych banków danych. Domagają się, aby zbierano i zapamiętywano w nich informacje nie tylko o przestępcach, ale także o pozostałych obywatelach — nigdy nie wiadomo, kto kiedy zejdzie na złą drogę. Opinia publiczna w niektórych krajach jest z kolei zaniepokojona wizją totalnego systemu inwigilacji komputerowej. Obawia się ona niebezpieczeństwa ograniczenia wolności osobistej i wykorzystywania danych w sposób niezgodny z interesami obywateli. Zwraca się także uwagę na bardzo wysokie koszty takiego przedsięwzięcia. Nakłady na stworzenie największego na świecie banku danych o przestępstwach kryminalnych, powstałego w 1967 roku na zlecenie Departamentu Sprawiedliwości USA, były tak znaczne, że w pewnym momencie zaprzestano podawania ich do publicznej wiadomości.

Bank ten podlega FBI i obejmuje prawie siedem i pół miliona kart informacyjnych. Zawierają one dane na temat około 150 tysięcy ściganych osób, ponad 20 tysięcy zaginionych, miliona skradzionych pojazdów i ich części, miliona innych wartościowych przedmiotów i półtora miliona opisów przestępstw. Owo, jak je nazywają, Narodowe Centrum Informacji Kryminalnej jest bezpośrednio połączone z siedmioma tysiącami lokalnych stacji i codziennie odpowiada na z górą ćwierć miliona pytań, przyczyniając się do wykrywania przestępstw lub identyfikacji sprawców w więcej niż tysiącu przypadków. Z odległości setek kilometrów wystarczy zadać pytanie, by po paru sekundach otrzymać odpowiedź na temat ściganego włamywacza, odszukać właściciela broni znalezionej na miejscu zbrodni, dowiedzieć się, kto był ostatnim posiadaczem samochodu lub samolotu o znanym numerze rejestracyjnym. Jako ciekawostkę można podać, że do obsługującego bank komputera wprowadzono listę powieści kryminalnych, spodziewając się pewnie, iż mogą one posłużyć jako inspiracja dla mało pomysłowych bandytów.

Już obecnie małe maszyny obejmują służbę wartowniczą w prywatnych mieszkaniach. Pilnują drzwi i okien, płotu, furtki do ogródka i bramy garażu. W razie wykrycia czegoś podejrzanego, wszczynają alarm na miejscu i jednocześnie zawiadamiają komendę policji, a w wypadku zaproszenia ognia straż pożarną (komputerowy system strażacki w Jokohamie ustala np. optymalny skład wysyłanych do akcji jednostek, co zmniejsza czas osiągnięcia gotowości bojowej z 3 minut do 75 sekund). Ustawione w kuchni monitory przekazują informacje z pokoju dziecięcego, sygnalizując brzęczykiem, że interwencja jest konieczna. W samej kuchni zresztą też wszystko, od piecyka i pralki po żelazko, znajduje się pod ciągłą kontrolą tego samego minikomputera. Głównym zadaniem domowego kompu-

tera jest jednak wykonywanie obliczeń związanych z prowadzeniem gospodarstwa.

Minikomputerami posługują się na razie jedynie amerykańscy i australijscy farmerzy obracający funduszami w skali sporego przedsiębiorstwa. Oprócz prowadzenia kalkulacji ekonomicznych (zyski, rachunki, podatki) stosują oni jednak maszyny i do czysto rodzinnych potrzeb: planowania wakacji, zapamiętywania rodzinnych rocznic, sterowania gramami telewizyjnymi. Adaptacja minikomputera do wykonywania każdej z tych czynności wymaga tylko wymiany kasety z nagraniem odpowiedniego programu, kasety, którą można kupić za kilkanaście dolarów. Pierwsze tego rodzaju maszyny, rozprowadzane przez firmę Radio-Shack, stały się przebojem rynkowym. Zapotrzebowanie było tak duże, że trzeba było dostarczyć co najmniej po jednym egzemplarzu minikomputera do każdego z siedmiu tysięcy sklepów firmowych.

Handlowej ofercie towarzyszyła spora akcja reklamowa. Oto jedno z ogłoszeń w lokalnej gazecie: „Nowy sposób na ułatwienie życia twojej rodzinie. Codzienne problemy rozwiązywane koniuszkami palców. Domy komputer Texas Instruments daje ci szeroki wybór modułów oprogramowania: jak zarządzać domem (przechowywanie notatek osobistych, decyzje finansowe, ustalanie budżetu, analiza bezpieczeństwa, podatki i inwestycje, statystyka); programy dydaktyczne (zabawy edukacyjne, wstęp do gramatyki, czytanie dla początkujących, magiczne liczby); programy rozrywkowe (futbol amerykański, szachy, grafika video, gry wizualne, twórca muzyki); inne programy (diagnostyka, sprawność fizyczna, kontrola wagi i dietetyka, redakcja przemówień). Cena 699,99 dolara. Jeśli jednak zakupisz nasz TI-99/4 w ciągu trzech dni od jutrzejszego pokazu funkcjonowania komputera, otrzymasz 200 dolarów rabatu”.

Dzień w skomputeryzowanym domu rozpoczyna się od pobudki egzekwowanej przez maszynę z bezmyślnym uporem. Następnie ekran monitora wypełnia się sprawami, które trzeba dziś załatwić; przypomina o urodzinach znajomych, bieżącym stanie konta i aktualnych notowaniach giełdowych. Po gimnastyce, śniadaniu i kąpeli (wszystko przygotowane przez maszynę), krótki raport z garażu o poziomie oleju i benzyny oraz ciśnieniu powietrza w oponach. Na ekranie miga twarz sekretarki: „Proszę się pospieszyć, szef jest w drodze do biura”. Teraz pani domu otrzymuje zestawienie porannych cen produktów żywnościowych i składa zamówienie operując klawiaturą monitora. Na niektórych zagranicznych opakowaniach wprowadzono już tajemnicze cyferki i prążki różnej grubości, które ułatwiają automatyczne fakturowanie towarów w sklepach. Można się teraz spokojnie zabrać do przesłuchiwania kaset video z kursu dla zaawansowanych o psychologii dziecka, dzieci zaś u siebie uczą się wraz z komputerem podstaw rachunku prawdopodobieństwa. Tymczasem sterowany mikroprocesorem robot przystępuje do sprzątania mieszkania i przygotowuje obiad. Umieszczone w jego pamięci dane na temat rozmieszczenia pokoi i znajdujących się w nich przedmiotów chronią przed obijaniem się o meble i przejeżdżaniem przez szklane drzwi. Ten sam robot wyprowadza psa (jak przystało na służącego tylnym wejściem), a po południu wita gości — odbiera płaszcze przy drzwiach i proponuje wstępnego drinka. Ożywianiem przyjęcia zajmuje się już sam komputer, prezentując zestaw rozrywek towarzyskich i gier strategicznych. Po zakończeniu bankietu gospodarze idą spać, a maszyny myją naczyńia, gaszą światła, kontrolują temperaturę i wilgotność pomieszczeń oraz sprawdzają, czy gaz i woda są zakręcone.

W kwietniu 1977 roku w San Francisco zorganizowano

wano pierwszą konferencję poświęconą komputerom „osobistym i domowym”. Obecni tam producenci maszyn przysięgali, że potrafią wyszkolić największego tępaka w posługiwaniu się ich sprzętem w ciągu dwóch—trzech popołudni. W oszczędnych systemach komputer porozumiewa się ze swoim właścicielem przez zwykły domowy telewizor, wyświetlając na nim oferty usług:

NACIŚNIJ KLAWISZ Z NUMEREM CZYNNOŚCI,
KTÓREJ WYKONANIA ODE MNIENIE OCZEKujesz.
MOŻLIWOŚCI SĄ NASTĘPUJĄCE:

0 MENTOR — INSTRUKCJA OBSŁUGI

1 INFORMACJE

2 KONIEC WSPÓŁPRACY

3 DROBNE OGŁOSZENIA

4 WIADOMOŚCI

5 BIEŻĄCE NOWOŚCI

6 GRY

7 OBLICZENIA

MOŻESZ ZACZYNAĆ.

Na stworzenie takiego, sprzężonego z 34-kanalowym aparatem telewizyjnym komputerowego systemu domowego, rząd japoński przeznaczył 3 miliardy jenów. Ma on służyć także do robienia zakupów bez wychodzenia z domu, załatwiania szybkiej pomocy medycznej i pilnowania dobytku, można go bowiem rozbudowywać stopniowo, dodając co pewien czas jakieś nowe funkcje. Najbardziej popularna jest na razie ta jego część, która zastępuje codzienną prasę. Popularna, bo tania — prawdę mówiąc nie wymaga nawet domowego komputera, a jedynie telewizora i telefonu, i tak obecnych niemal w każdym mieszkaniu. Komputer w redakcji gazety steruje wysyłaniem jej przez kable telefoniczne i wyświetlaniem na ekranie — potrzebna jest tylko niedroga przystawka łącząca w domu telefon z telewizorem.

Historia tego najnowszego środka przekazu rozpoczęła się w 1966 roku, gdy pracownicy BBC uznali, że czas zająć się kanałami, na których telewizja nie emituje żadnego programu. Aby ukrócić marnotrawstwo, zaczęli w „pustych” kanałach nadawać non stop kilka plansz z prognozą pogody oraz aktualny czas. W 1971 roku dodano do tego kilkanaście stron ostatnich wyników sportowych oraz notowania giełdowe i ochrzczono tę telewizję do czytania mianem Ceefax (od „see facts” — „widzieć fakty”).

Obecnie, obok bardzo rozszerzonego przez BBC Ceefaxa, działa w Wielkiej Brytanii sieć zorganizowana przez pocztę (Presstel — najnowsze doniesienia prasowe) oraz prywatny system Oracle, który przynosi spore dochody wyświetlając w telewizorze drukowane ogłoszenia. Wszystkie trzy określa się zazwyczaj wspólną nazwą Teletext.

W ostatnich latach podobne systemy powstały również w Kanadzie, Australii, Japonii i Francji. Amerykanie dostrzegli nowe możliwości z pewnym opóźnieniem, ale już w połowie lat siedemdziesiątych przeznaczili poważne środki na badania, organizując szybko dwa eksperymentalne systemy. Presstel został zademonstrowany i przyjęty entuzjastycznie w Białym Domu.

Teletext pojawił się w porę — akurat wtedy, gdy koncerty prasowe zaczęły szukać sposobów na kłopoty związane z rosnącymi kosztami druku i transportu — wyprzedził przy tym konkurencyjne pomysły. Forsowana zwłaszcza przez Japończyków „gazeta drukowana w domu” zawiodła oczekiwania. Urządzenia, które instalowano w prywatnych mieszkaniach, żeby powiełać egzemplarz pisma wprost u czytelnika, są ciągle za drogie i za duże. Ich nabywcy denerwują się czekając na powolne odbijanie strony za stroną, które później muszą jeszcze sami spinać. Najgorsze jednak, że w całym domu cuchnie ciągle farbą drukarską.

Z teletextem nie ma takich kłopotów. Same tylko oszczędności z tytułu benzyny, płac kolporterów i kosztów składowania szybko zwracają pieniądze zainwestowane w system. Odbiorcy nie mają już podstaw do narzekań, że ulubiona gazeta zawieruszyła się gdzieś po drodze, a magazyn ilustrowany przyszedł z podartą okładką i środkiem rozmiękłym od deszczu. „Wpuść gazetę za próg” — głosi reklama Teletextu przedstawiająca wymięty strzęp papieru na słomiance i oddalającego się z cynicznym uśmiechem roznosiciela. W kalkulacjach finansowych trzeba jednak przede wszystkim uwzględnić setki ton oszczędzonego papieru i tysiące beczek farby drukarskiej (ostatnio też staje się towarem deficytowym).

W redakcjach gazet nie przewiduje się również większych zmian. Znaczna część amerykańskich czasopism dysponuje obecnie komputerami. Dziennikarze piszą artykuły na klawiaturze komputerowej końcówki, śledząc jednocześnie na ekranie ich graficzną formę, aranżowaną przez maszynę cyfrową.

Kończówki komputerowe cieszą się większą sympatią niż zwykłe maszyny do pisania, które po każdym błędzie zmuszały do cofania, zamazywania i nanoszenia nowych znaków, wybijając z rytmu i przerywając wątek. W terminalu komputera załatwia te sprawy klawisz „erase”, który powoduje, że wybrana litera — słowo, linijka lub akapit — bez śladu znika z ekranu lub też jest zastępowana przez coś innego.

Gotowy artykuł komputer przekazuje końcówce stojącej na biurku odpowiedzialnego redaktora. Ten z kolei czyta, poprawia na ekranie i naciskając czerwony guzik umieszcza tekst w pamięci maszyny. Komputer, który dotychczas sterował składem i drukiem, teraz wysyła artykuł bezpośrednio do odbiorców Teletextu — to jedyna różnica z punktu widzenia wydawcy.

Dla czytelnika natomiast zmiany są zasadnicze. Każdy podłączany do Teletextu telewizor zostaje zaopatrzony w klawiaturkę o wymiarach kieszonkowego kalkulatora. Program nadawany jest bez przerwy, ale każda „strona” informacji zajmuje zaledwie ułamki sekundy — za krótko, aby zdążyła się pojawić na ekranie. Naciskając odpowiednią kombinację klawiszy możemy ją jednak wyłowić z powtarzającego się strumienia wiadomości i wyświetlać na ekranie telewizora dowolnie długo (fot. 21). Tematy, które mamy ochotę oglądać codziennie, wystarczy zakodować na stałe odpowiednią sekwencją przycisków. Wówczas zaraz po włączeniu telewizora otrzymamy skrojony według gustów odbiorcy zestaw, na przykład sytuacja polityczna, notowania przemysłu metalurgicznego i ostatni mecz koszykówki miejscowej drużyny.

Jeszcze sprawniej przebiega to w systemach, w których połączenie kablem telefonicznym umożliwia dwustronną komunikację z redakcją gazety. Można wtedy w niemal normalnej rozmowie domagać się od redakcyjnego komputera bardzo szczegółowych materiałów: „Proszę o wybranie z działu ogłoszeń wszystkich ofert dotyczących używanych samochodów w kolorze czerwonym”. Dodatkowo niektóre z takich systemów pozwalają na uzyskiwanie w prostych przypadkach porad prawnych, medycznych i finansowych.

Odbiorcy szybko przyzwyczajają się do Teletextu. „Na dziennik telewizyjny zwykle się spóźniam, w gazecie przelatuję po tytułach przestarzałych wiadomości. Gdy uświadamiam sobie, że włączone radio nadaje coś ciekawego, z reguły właśnie kończą o tym mówić — utrzymywał jeden ze świeżych posiadaczy — a gazetę w telewizorze włączam sobie, kiedy chcę, i zawsze jestem na bieżąco”.

Jeśli chodzi o wspomniane domowe roboty, to w ostatnich latach raz po raz prezentowano z reklamowym

szumem coś nowego. Były to jednak zazwyczaj ciężkie, nieruchawe stwory, które z trudem wykonywały pojedyncze proste czynności — na przykład AROK, dzieło pana Beniamina Skory z Chicago, odkurzał dywany. Przełomu w tej dziedzinie dokonała dopiero firma Quasar-Industries, która rozpoczęła produkcję maszyny Klatu. Jej skonstruowanie zajęło Tony Reicheltowi, inżynierowi zakładów Boeinga, aż dziewięć lat, ale za to przewyższa ona wszystkie dotychczasowe propozycje (fot. 23a). Klatu porusza się samodzielnie (10 metrów na minutę), mówi, słucha i jest posłuszna. Rozumie 50 słów, wypowiada zaś pięć razy tyle po angielsku, niemiecku lub francusku. Waży 100 kg, ma 150 cm wzrostu, balonowaty łeb z pleksi, dwie ręce jak rury odkurzacza i jedną nogę. Umie froterować podłogi, podawać posiłki, zmywać, witać gości, otwierać i zamykać drzwi. Także spaceruje z psem (fot. 23b), odpowiada za zraszanie i strzyżenie trawnika, pamięta o okolicznościowych rocznicach i sama adresuje koperty z życzeniami. Zdjęcia reklamowe ukazują Klatu na pokładzie samolotu, gdzie nosi ze stewardesą tacę z napojami. Po jej towarzyskim debiucie nadeszło dwa tysiące zamówień, co pozwoliło w końcu 1979 roku na uruchomienie produkcji seryjnej.

Obiektywny obiektyw

Współczesny artysta nie bardzo pasuje do dziewiętnastowiecznych stereotypów. Obecni twórcy dzieł sztuki nie uciekają na ogół we własne wyimaginowane światy. Trzymają się konkretnej rzeczywistości, starając się wplatać do swoich dzieł rozmaite jej wątki: społeczne, polityczne, a także i techniczne. Zwłaszcza na te ostatnie wytworzyła się w środowiskach artystycznych swoista moda. Przedstawiciele awangardy podejmują eksperymenty z nowo odkrytymi urządzeniami technicznymi, starając się zbadać ich przydatność do swoich celów. Stwierdzono więc, że złożona aparatura laserowa, łącza satelitarne czy komputery, dają artystom wielce atrakcyjne narzędzia, otwierając zupełnie nieoczekiwane perspektywy.

Naukowcy patrzą na te wysiłki życzliwym okiem i często nawet przyłączają się do nich. Ich ewentualne sukcesy miałyby przecież nie tylko znaczenie artystyczne, lecz wykazywałyby, że maszyny zapędziły się już bardzo głęboko w obszary ludzkiej aktywności intelektualnej. Co jak co, ale zdolność do tworzenia dzieł sztuki była przecież w powszechnym mniemaniu darowana wyłącznie naszemu gatunkowi. Obalenie tego mitu byłoby ostatecznym dowodem na wyjątkowe szanse współczesnych maszyn w naśladowaniu człowieka. Dlatego

też kwestii tej warto poświęcić więcej miejsca. Trzy kolejne rozdziały dotyczyć więc będą głównych prądów „sztuki technologicznej”, korzystającej z usług telewizji kablowej, laserów i holografii oraz komputerów.

Wśród mnogości nurtów artystycznych, powstających na gruncie technicznym, wyróżnia się tak zwane video — kierunek, który postanowił wykorzystać urządzenia telewizji przewodowej: kamery, monitory i magnetowidy. Nie należy mylić jej z normalną komercyjną telewizją, której oficjalne programy traktowane są przez artystów z pogardą. W sztuce tej wykorzystana jest telewizja kablowa, w której sygnał z kamery nie trafia do nadajnika, aby jako fala radiowa dotrzeć do anteny naszego telewizora, lecz biegnie kablem łączącym bezpośrednio kamerę z telewizorem. Przesyłanie obrazu metodą przewodową możliwe jest, co prawda, na mniejsze odległości i wymaga innego niż standardowy odbiornika telewizyjnego (dlatego używa się tu raczej nazwy monitor, a nie telewizor).

Warto tu przypomnieć, że ten sposób jest w istocie pierwotną formą przekazu telewizyjnego. Pierwsza publiczna transmisja zrealizowana została właśnie przez połączenie kablem kamer i monitorów na Igrzyskach Olimpijskich w Berlinie w 1936 roku, później jednak telewizja przewodowa rozwijała się znacznie mniej dynamicznie. Sytuacja zmieniła się dopiero wówczas, gdy stwierdzono, że telewizję przewodową można również znakomicie spożytkować. Przydawała się zwłaszcza tam, gdzie konieczna była obserwacja z większej odległości lub gdzie trzeba było jednocześnie śledzić wiele różnych, oddalonych od siebie miejsc. Kamery telewizyjne pozostawiane w zautomatyzowanych zakładach przemysłowych (np. kopalniach) dostarczały kierownictwu aktualnych obrazów z kilkunastu newralgicznych punktów przedsiębiorstwa. Telewizji kablowej powierzono funkcje strażnika w bankach, sklepach

samoobsługowych i nadzorcy ruchu na skrzyżowaniach ulic. Stosuje się ją w wojsku i badaniach naukowych (np. do przekazywania obrazu z obszarów napromieniowanych). Zestaw: kamera-monitor-magnetowid przydaje się bardzo w szkolnictwie (rejestracja i odtwarzanie wykładów) i sporcie (dokumentacja i analiza treningów oraz zawodów).

Wynajdywanie coraz nowych zastosowań spowodowało przedsiębiorstwa elektroniczne do badań nad konstrukcją małych przenośnych kamer i monitorów. Wprowadziła je do handlu w połowie lat sześćdziesiątych japońska firma Sony, wzbudzając dodatkową sensację rewelacyjnie niską ceną (1/20 ceny dotychczasowego sprzętu). Jednocześnie opracowano modele popularnych magnetowidów, w których zapis obrazu i dźwięku mógł być dokonywany nie tylko na szpulach taśmy magnetycznej, ale i na kasecie. Urządzenia takie zaczęło produkować wiele firm: amerykański Ampex, japońskie Matasushita i Nivico oraz europejskie Philips, Grundig i Rank. Sprzęt video stawał się coraz mniejszy, poręczniejszy i tańszy, trafiał i trafia nadal do rąk prywatnych odbiorców na podobnej zasadzie, jak telewizory i amatorskie kamery filmowe i jak one służy do rejestrowania familijnych scenek ze spaceru czy zabawy z psem.

Szybko urządzeniami tymi zainteresowali się artyści. Za pionierów ruchu uważa się Nam June Paika i Wolfa Vostella, związanych ze studium West Deutsche Rundfunk w Kolonii i współpracujących ze znanym awangardowym kompozytorem Karlheinzem Stockhausenem. Już w 1963 roku Paik i Vostell wystawili w Wuppertalu kilka odbiorników telewizyjnych, których obraz deformowali rozmaitymi manipulacjami. Paik zjawiał się następnie w Nowym Jorku, gdzie już w końcu 1965 roku udało mu się kupić podręczny zestaw video firmy Sony — warto przypomnieć, że dokładnie w tym

okresie Marshall McLuhan opublikował swoje *Understanding Media*.

Od tej pory ruch video rozwija się w USA, ale raczej po cichu, bez większego aplauzu ze strony krytyków i publiczności. Wyjście ze stanu utajonego nastąpiło w sezonie 1969/70. Wtedy to Howard Wise zorganizował wystawę młodych nowojorskich artystów eksperymentujących z video. Nosiła ona nazwę „TV jako medium twórcze” i gromadziła rozmaite propozycje: jedne przypominały elektroniczne konstrukcje rzeźbiarskie, inne eksponowały socjopolityczne aspekty przekazu telewizyjnego lub dotyczyły sterowania obrazem telewizyjnym przez komputer. W tym samym sezonie następny sukces — Nicolas Wilder, handlarz dziełami sztuki z Los Angeles, sprzedał pierwszą taśmę z zarejestrowanym utworem video! Było to nagranie „Video Pieces” Bruce Naumana, a nabył je pewien europejski zbieracz.

W 1970 roku otwarto wystawę sztuki video. Zorganizowano ją w Rose Art Museum pod Bostonem, a stały dział video powstał w niecały rok później w Everson Museum (Syracuse, stan Nowy Jork). Od tej pory nowa dyscyplina artystyczna uzyskała pełnię praw obywatelskich.

Obecnie zapisy video przestały być jedynie sposobem zapamiętywania wydarzeń i zaczęły funkcjonować jako samodzielna forma wypowiedzi. Przyczynił się do tego również fakt, że taśmy pozwalają na częstą i pełną wymianę informacji. Mogą one (a zwłaszcza kasety video) „podróżować” tanio i bez większych problemów, niezależnie od artysty, co w niektórych krajach jest dość istotne. Łatwo je przechowywać i odtwarzać na każde żądanie. W wielu ośrodkach artystycznych i uniwersyteckich powstały videoteki działające na zasadach normalnych bibliotek. Można z nich korzystać i odtwarzać interesujące kasety na miejscu, wypoży-

czać do domu lub nawet zamawiać listownie. W Vancouver istnieje na przykład videoteka obejmująca około 400 tytułów, a centrum sztuki video w Montrealu odwiedzało w ciągu pięciu lat jego działalności około stu osób dziennie. W tym okresie zrealizowało ono zamówienia na wysłanie 3000 kopii taśm video.

Rozwój, jaki w sztuce video zaznaczył się w ostatnich latach, doprowadził do powstania w niej dwóch głównych nurtów: z a p i s ó w i i n s t a l a c j i video. Zapisy video (fot. 24) powstały z dążeń artystów do utrwalania działań twórczych, często zresztą z samym video nie związanych. Rejestrowano na taśmach akcje i pomysły, po których, gdyby nie kamera i magnetowid, żaden ślad by nie pozostał. Stały się więc one tym dla plastyki, czym magnetofon dla muzyki. Nie ztracało się przy tym (jak to nastąpiło w przypadku utrwalania happeningów na taśmie filmowej) zamierzonego przez autorów przejściowego, efemerycznego charakteru dzieła. Przeciwnie, kamera telewizyjna skróciła dystans między widzem i obiektem, gdyż penetrowała plan z zaskakującą szczegółowością. Zapis na bieżąco i nie najlepsza jakość techniczna obrazu wprowadziły dodatkowy akcent aktualności.

Ilustracją tego typu działań są zapisy dokonane przez amerykańskiego artystę, Terry Foxa. Koncentrował on uwagę widza na najdrobniejszych fragmentach rzeczywistości inscenizując w niej rozmaite „mikro zdarzenia”. Nastawiał, powiedzmy, kamerę na łyżkę wytrąconą z równowagi, która bujała się, bujała, bujała, aż wreszcie spadała ze stołu. Albo na świecę, nad którą kiwał się zapalony sznurek; po kilku minutach kolejne wahnięcie sznurka przypalało świecę. Zdumiewające: niby nic, a na wystawach sztuki nowoczesnej przed monitorami Foxa stała zawsze grupa obserwatorów z osobliwym napięciem wyczekująca na oczywisty do przewidzenia finał mikro zdarzenia. Od prostej rejestra-

cji zaczynał też poeta, Vito Acconci. Zrezygnował on z publicznych wystąpień na rzecz utrwalania siebie samego recytującego wiersze we własnym mieszkaniu. Później zaczął eksperymentować ze sprzętem video wykraczając poza ramy czystego zapisu. Kierował na przykład kamerę na otwarte usta, które zbliżając się wchłaniały jakby cały ekran, i wygłaszał (bez zamykania ust) poemat właśnie o otwieraniu ust.

Drugi kierunek zastosowań — instalacje video — zmierza do wykorzystania technicznych możliwości oferowanych przez telewizję przewodową. Zwykle sprowadza się to do powiększania i deformowania obrazu, przesuwania go w czasie i przestrzeni oraz do efektów uzyskiwanych z rozmaitych konfiguracji kilku kamer i monitorów. Tu parę przykładów — Bill Viola traktuje kamerę jak mikroskop obserwujący formowanie się kropli wody na krawędzi kranu. Obraz rzutowany jest na duży ekran, pod kranem zaś znajduje się bębenek. Kropla z ekranu rośnie powoli i gdy osiąga mniej więcej metrowe wymiary, spada z hukiem na podłogę. Inna instalacja video: pokój z dziewczyną czytającą książkę, skierowaną na nią kamerą i monitorem wyświetlającym obraz. Wnikliwy widz dostrzeże, że obraz ten nie jest zgodny z rzeczywistością: dziewczyna w innych momentach przewraca kartki, poprawia włosy, a w ogóle to jakby nie ta sama dziewczyna. Istotnie — na ekranie pokazywana jest siostra tej, z którą mamy do czynienia. Siedzi podobnie upozowana w identycznych warunkach w pomieszczeniu obok, gdzie na monitorze można oglądać obraz z naszej kamery. Roger Barnard w swojej instalacji video „Korytarz” wykorzystuje linie opóźniające. Kamera rejestruje ruchy widza w długim korytarzu i przekazuje obraz do monitora ustawionego na końcu przeciwnym do wejścia. Nie jest to jednak bezpośrednia transmisja; sceny są wyświetlane po upływie pewnego cza-

su. Widz, będąc już w środku korytarza, przypatruje się na ekranie sobie zaglądnącemu dopiero nieśmiało do wnętrza.

Instalacja video jest też prezentacja „Manhattan jest wyspą” z 1974 roku. Kilkanaście monitorów ustawionych w galerii w sposób odpowiadający topografii nowojorskiej dzielnicy Manhattan wyświetlało zdjęcia z miejsc, których położenie miały reprezentować. Monitory umieszczone na obwodzie pokazywały ujęcia z łódki wycieczkowej okrążającej wyspę, inne, znajdujące się w środku, odtwarzały widoki domów i ruchu ulicznego. Powstałe w ten sposób całościowe studium krajobrazu w interesującym stylu oddawało atmosferę miasta.

Peter Campus, który studiował psychologię eksperymentalną, a obecnie pracuje w Center for Advanced Visual Studies słynnego MIT, zaproponował odmienne rozwiązanie instalacji video. Dwie kamery, skierowane obiektywami na siebie, podawały obraz na jeden monitor. Między kamerami znajdowała się papierowa przegroda i stojący tyłem do kamery artysta. W pewnym momencie robił on dziurę w przegrodzie, powiększał ją i przechodził powstałym otworem na drugą stronę. Ujęcia z obu kamer nakładały się na monitorze i z początku widać było na ekranie jedynie sylwetkę Campusa od tyłu (czyli obraz z kamery nr 1, nieco zamazany przez obraz płaszczyzny papieru otrzymywany z kamery nr 2), stojącego twarzą do „ściany”. Gdy Campus wyjmował nóż i rozcinał przegrodę, wyglądało to jak gdyby ranił się w plecy, rozrywał ścianę i przechodził przez nią na wylot, przenikając jednocześnie samego siebie.

Wiele realizacji video opiera się na współudziale widza. Kto wie, czy nie biorą się one z tkwiącego w każdym miłośniku telewizji podświadomego pragnienia dorysowania brody i okularów spikerowi, rozgniecenia

pomidora na zbliżeniu mówcy czy wykadrowania gazetą fragmentu ekranu. Pionier sztuki video, Wolf Vostell, w 1963 roku wystąpił z instrukcjami dla widza: „Pocałuj osobę na ekranie”. „Stań z nagim brzuchem przed telewizorem”, instrukcjami skłaniającymi do przelamania dystansu wobec oglądanego programu.

„Podejdź do telewizora. Połóż dłonie na moich dłoniach i pomyśl, że się wzajemnie dotykamy”. Minuta nadawania takiego apelu wystarczyła, żeby jego inicjator, Douglas Davis, otrzymał kilkaset listów od widzów zachwyconych odkryciem, że telewizor to zwyczajny przedmiot, a nie jakieś nietykalne magiczne okno na świat. Z tego prądu „gry z ekranem” wywodzą się propozycje Austriaka, Ernesta Caramelle, który ustawiał się za monitorem, na ekranie zaś był widoczny zasłonięty w danej chwili fragment ciała, co tworzyło interesującą relację między rzeczywistością a jej odwzorowaniem. Inny artysta pokazał na ekranie jednocześnie swoje oba profile i w takiej konfiguracji badał własną fizjonomię, zapalał papierosa lub malował twarz szminką teatralną. Koncepcję bardziej dla nas zrozumiałą zaprezentował Richard Kriesche w „TV Death I”. Strzelał on do ekranu telewizyjnego rejestrując jednocześnie to wydarzenie na taśmie video.

Ważną tendencją w ruchu video jest jego odłam społeczno-polityczny. Uprawiający go Antonio Muntadas zorganizował na trzech monitorach pokaz programów telewizji radzieckiej, zachodniemieckiej i amerykańskiej nadawanych w tym samym dniu i o tej samej godzinie.

W Polsce możemy również odnotować pierwsze próby tworzenia sztuki video. Odbyło się już nawet kilka pokazów w międzynarodowej obsadzie. W 1975 roku w warszawskiej Galerii Współczesnej otwarto wystawę, na którą zaproszeni zostali znani twórcy. Wystawa ta była dla polskich odbiorców pierwszym poważniejszym

kontaktem ze sztuką video. Intrygował już umieszczony na okładce katalogu obraz z jadącego na autostradzie motocykla. Było to zdjęcie z taśmy wykonanej przez Rolanda Baladi, który zamontował kamerę na motocyklu i poruszał się nim po ulicach Paryża tak, aby na planie miasta uzyskać napis „PARIS”. Ze względu na ceny sprzętu prywatne przedsięwzięcia artystyczne video nie mogą być w naszym kraju zbyt powszechne, podejmuje się je więc pod patronatem różnych instytucji. Przez pewien czas przy łódzkiej szkole filmowej istniała grupa próbująca swoich sił w video, od 1976 roku zajmuje się tym również studio eksperymentalne telewizji, gdzie zaczęto się również przymierzać do filmów komputerowych.

Zwolennicy video utrzymują, że możliwości tego sprzętu dają widoki na zrewolucjonizowanie sztuki w stopniu co najmniej takim, jak niegdyś zmieniło ją spopularyzowanie amatorskiej fotografii. Zestawy kamera — magnetowid — monitor trafiają już pod strzechy, gdyż w jednym z odcinków popularnego serialu oglądaliśmy porucznika Colombo demaskującego mordercę, który zbudował swoje alibi na sprytnie zastosowanej konfiguracji video.

Dzięki video sztuka ma się wzbogacić o nowe wartości, uzyskać bezpośredni kontakt z techniką, naukami społecznymi, życiem politycznym itd. Mówi się też o stałym doskonaleniu video i wzbogacaniu go o nowe urządzenia. Jednym z nich jest videopłyta, do której produkcji przymierza się i nasz przemysł („Unitra” pracuje od lat nad projektem płyty i czytnika video wspólnie z amerykańskim koncernem RCA). Ma ona mieć takie same wymiary, jak zwykła płyta gramofonowa i mieścić na jednej stronie 60 minut programu telewizyjnego. Co prawda samemu nie można na takiej płycie nagrywać, ale będzie ona znacznie tańsza od kasety magnetowidu. Na rynku amerykańskim video-

płyty dawno się już przyjęły — utrwała się na nich znane filmy, kursy szycia, gotowania i nauki języków.

Ogromnie przydałby się artystom syntezator obrazu, działający na podobnej zasadzie jak syntezatory dźwięku. Za jego pomocą można by wytwarzać rozmaite kombinacje prądu, który pobudza ekran monitora. W ten sposób uzyskano by na ekranie dowolne obrazy, każdy kształt, kolor, wrażenie perspektywy, żadaną szybkość ruchów. Prace nad takim urządzeniem trwają i zaczynają przynosić częściowe efekty: jeden z prototypowych syntezatorów obrazu zbudował w 1970 roku Paik wspólnie z Japończykiem Abe.

Komuś, kto styka się ze sztuką video po raz pierwszy, wydawać by się mogło, że są to luźne, czasem nawet dość banalne pomysły artystyczne. Bliższy kontakt z tym nurtem wykazuje jednak, iż działania te pozwalają odświeżyć nasze spojrzenie na otaczający świat i skupić uwagę na sprawach, których dotąd nie dostrzegaliśmy. „Dopiero nagranie serii taśm video, na których mówi się do siebie, daje szansę samoidentyfikacji” (fot. VIII). „Na ekranie video, jak w lustrze, szukam swojego obrazu do odnalezienia prawdy o tym, jak pojawiam się na świecie”. Te dwa głosy pochodzą od artystów, którzy już się w video rozsmakowali, mogą więc nie być uznane za dowód. Dziesiątki jednak przykładów, które wykazały, jak bardzo film i profesjonalna telewizja zostały zainspirowane przez ruch video — to już solidne świadectwo. Rzeczywiste znaczenie sztuki video będzie można ocenić dopiero za lat kilkanaście. Na razie można jedynie stwierdzić, że ten kierunek o już dosyć bogatym dorobku, wielorakich tendencjach i licznym gronie artystów, z pewnością zasługuje na uwagę.

Po drugiej stronie lustra

Artoo Detoo, sympatyczny robot RZDZ z *Wojen gwiazdnych*, przemycał wiadomości od swojej pani, księżniczki Leili, w postaci hologramu. Wyświetlał go w powietrzu — metrowy obraz księżniczki poruszał się i mówił. Widzowie przekonani, że jest to pieśń dalekiej przyszłości, rekwizyt związany z odległymi podróżami galaktycznymi, nie zdają sobie sprawy, że podobne efekty można już oglądać na żywo. Stało się tak za sprawą lasera, czyli urządzenia do wytwarzania spójnej wiązki światła — źródła promieniowania świecącego całą siłą i wąskim snopem w jednym kierunku. Światło tego typu nie występuje w naturze, ale jego idea pojawiła się w *Wojnie światów* H. G. Wellsa jako broń atakujących Marsjan. Ucierpiał na tym wynalazca lasera, Gordon Gould. W 1957 roku Departament Obrony USA, dowiedziawszy się o jego pomysłe, skonfiskował notatki Goulda (widać któryś z urzędników czytał Wellsa) i dopiero po dwudziestu latach sąd przyznał mu prawo pierwszeństwa.

Światło, które pozwala nam dostrzegać otaczający świat, jest mieszaniną promieni o różnych częstotliwościach (kolorach), dlatego też nazywa się je światłem niespójnym (niekoherentnym) lub białym. Rozchodzi się ono we wszystkich kierunkach ze zmienną inten-

sywnością i słabnie szybko w miarę wzrostu odległości. Światło spójne jest jego przeciwieństwem — to wiązka promieniowania o tej samej częstotliwości, fazie i kierunku, która bez rozpraszania się przebywa znaczne dystanse.

Otrzymano je po raz pierwszy w 1959 roku, kiedy dwaj amerykańscy uczeni, Charles H. Townes i jego szwagier, Artur Schwalow, uruchomili skonstruowane przez siebie urządzenie nazwane laserem (skrót od Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Atomy substancji wypełniającej rurę lasera są wzbudzone w taki sposób, by emitowały wąski, intensywny snop światła spójnego o niezwyklej energii.

Początkowo odkrycie to uznano za „rozwiązanie nie istniejącego problemu”. Szybko jednak lasery zaczęto wytwarzać seryjnie i stosować w najrozmaitszych dziedzinach: radiolokacji, miernictwie, badaniach biologicznych, przesyłaniu informacji, operacjach chirurgicznych, defektoskopii, obróbce trudno topliwych surowców, a nawet do krojenia materiałów w zakładach krawieckich. Używają też laserów artyści, gdyż już od dawna światło uznawane było za medium najbardziej szlachetne, niematerialne, najbliższe czystej formy w sztuce. Na dodatek, zależnie od składu mieszanki gazów wypełniających rurę lasera, emitowane światło może mieć rozmaity kolor — niebieski, zielony, czerwony lub żółty.

Oglądanie działającego w laboratorium lasera robi duże wrażenie. Ale jego możliwości ocenia się lepiej w większej przestrzeni. Dlatego też od razu zaczęto wykorzystywać laser w obszernych salach w charakterze scenograficznych akcentów w czasie koncertów, spektaklów operowych i baletowych. Najbardziej znanym widowiskiem tego typu był laserowy show towarzyszący występowi Paula McCartneya i grupy Wings podczas imprezy na rzecz ratowania Wenecji.

Najefektowniej wypadają pokazy laserowe na otwartym powietrzu (fot. X). Doskonale pamiętam zaskoczenie, z jakim oglądałem taki pokaz po raz pierwszy. Kolorowe, wąskie pasma światła laserowego emitowano z Griffith Observatory późnym wieczorem. Rozcinały one granatowe niebo nad Los Angeles z niebywałą precyzją i widziane były dokładnie w centrum miasta, w Hollywood, Beverly Hills i dalszych, ciągnących się milami dzielnicach.

Ostatnio kilka planetariów zorganizowało stałe programy łączące ruchome grafiki laserowe z muzyką pop. Cieszą się one tak wielkim powodzeniem, że przez dwie godziny stałem w kolejce, by dostać się na taką prezentację. W sali mieściło się tylko kilkadziesiąt foteli, z których w półleżącej pozycji oglądało się zwykle gwiazdne konstelacje. Tym razem pod kopułą planetarium rozbłysły jaskrawe pasma światła laserowego. W takt najnowszych przebojów nabierały one ostrości, to znów rozmywały się, rozbijając się przy tym na tysiące plamek i promieni. Chaotyczne i uporządkowane figury abstrakcyjne nie były, jak się obawiałem, jedynie czymś w rodzaju powiększonego obrazu z kalejdoskopu. Dobrze zgrane z dźwiękiem wzory, budzące ciekawe skojarzenia, trzymały publiczność w napięciu przez pół godziny pokazu (fot. IX a, b).

Wielu znawcom zastosowanie laserów przez artystyczną awangardę kojarzy się automatycznie z pokazem nazwanym „Cenberbeam” i prezentowanym na wystawie „Documenta 6”. Przygotowali go twórcy z Center for Advanced Visual Studies (CAVS), operującym przy Massachusetts Institute of Technology. Laserom powierzono tu jedną z głównych ról. Niestety, latem 1977 roku pogoda w Kassel była fatalna i nad ową ponad sześćdziesięciometrową instalacją trzeba było rozbić ogromny namiot.

Nie było natomiast problemów z pogodą, gdy latem

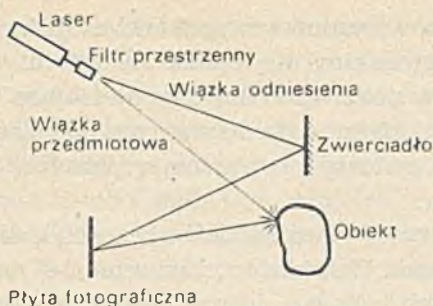
1978 roku powtórzono ten spektakl na głównym deptaku waszyngtońskim nie opodal Kapitolu. Co wieczór setki widzów podziwiała obrazy powstające w oświetlonej laserami parze, pochlebne recenzje zaś zapewniły publiczność na cały czas trwania pokazów od czerwca do września.

Polscy artyści również próbują swoich sił w laserowej twórczości. Całkiem to zrozumiałe — nasi naukowcy zbudowali własne lasery wkrótce po uzyskaniu pierwszych informacji o tym wynalazku i odtąd liczą się w tej dyscyplinie. Przed paru laty sztukę laserową prezentowano po raz pierwszy w warszawskiej galerii „Remont”. Z ostatnich dokonań warto przypomnieć użycie lasera w telewizyjnym programie o Apollinaire i scenografię w warszawskim Teatrze Małym, gdzie trzy lasery tworzyły tło do recytacji wierszy w czasie „Jesieni Poetyckiej”.

Dla artysty najbardziej pożądaną właściwością lasera jest jego zdolność do udziału w tworzeniu obrazów przestrzennych. Zapis taki jest nazywany hologramem od greckich słów *hólos* — cały, *grámma* — zapis, gdyż istotnie stanowi on dokładną przestrzenną rekonstrukcję obrazu przedmiotu, a nie jakiś bałamutny trik w rodzaju pocztówki z mrugającą Japonką. Jeśli zmienimy kąt obserwacji, będziemy widzieli przedmiot z innej strony — z lewej, prawej, z góry, od spodu — zupełnie jak w rzeczywistości.

Aby uzyskać ten efekt, należy rozdzielić światło laserowe na dwie wiązki. Jedna powinna padać bezpośrednio na światłoczułą płytkę, druga przed dojściem do płytki obejmuje obiekt, który chcemy uwiecznić. Obie wiązki mają do przebycia ten sam dystans, a po drodze trafiają na zwierciadła oraz inne elementy optyczne nadające im odpowiedni kierunek i szerokość (rys. 20).

Wiązka, która oświetla obiekt, informuje o jego



Rys. 20

kształcie i położeniu, rejestruje zatem na płytce holograficznej obraz podobny do zwykłej fotografii. Sekret tkwi w drugiej wiązce, zwanej wiązką odniesienia, która dostarcza materiału do oceny przestrzennego rozmieszczenia obiektu. Obie wiązki interferują ze sobą na powierzchni płytki (jak fale dwóch kamieni ciśniętych w jezioro), zapisując na niej trójwymiarowy obraz obiektu.

Dla odtworzenia takiego obrazu trzeba wywołać płytkę i oświetlić ją ponownie laserem. To, co wówczas zobaczymy, będzie lekko zamazane, ale gdy przesuniemy się i spojrzymy z boku lub z góry, obiekt odsłoni swoje niewidoczne dotychczas strony. Jeśli na hologramie znajduje się parę przedmiotów, to te, które są umieszczone w rzeczywistości bliżej, mogą zasłaniać inne. Ale obraz zniknie, gdy zaczniemy go obserwować pod zbyt ostrym kątem — dlatego też oglądanie hologramów przypomina nieco oglądanie świata przez okno, od którego jesteśmy oddaleni o dwa—trzy metry. Poza tym jednak wszystko odpowiada rzeczywistości — możemy skupić się na jednym planie, a wtedy bliższe i dalsze staną się mniej wyraźne. Całkiem inaczej niż na fotografii, bo zdjęcie jest w każdym szczególe czytelne, błędów natomiast w ustawieniu głębi ostrości

nie potrafimy już skorygować naszym wzrokiem. I jeszcze jedna szokująca różnica — podarta fotografia to tylko zbiór strzępków z trudem dających się złożyć, podczas gdy każdy kawałek połamanego hologramu zachowuje pełny obraz, zarejestrowany uprzednio na całej płytce!

Niektórzy propagatorzy holografii są zdania, że opisywanie tego zjawiska ma tyle sensu, ile opowiadanie snów lub relacje o pojawieniu się UFO. Żeby w pełni zrozumieć istotę holografii, należy ją zobaczyć. Krytyk Jeff Berner pisze nawet, że „trzeba mieć predyspozycje do mistycyzmu, by doświadczyć cudownych wrażeń z obszaru zawartego między realizmem i surrealizmem, między materią i energią, między przedmiotem i ideą”.

Historię holografii rozpoczyna się zwykle od artykułu opublikowanego w 1948 roku przez Dennisa Gabora z londyńskiego Imperial College of Science and Technology. Oto, co mówi sam Gabor: „Podstawowe zasady holografii ustaliłem dzięki pracom nad doskonaleniem mikroskopu elektronowego. Nie były one jednak wykorzystywane do czasu pojawienia się lasera — brakowało po prostu silnego źródła światła spójnego (...). Podjęcie problemu na University of Michigan przez Emmetta Leitha i Jurisa Upatnieksa z początkiem lat sześćdziesiątych było więc dla mnie wielką i miłą niespodzianką”. W 1971 roku Dennis Gabor za odkrycie holografii otrzymał Nagrodę Nobla i z tej okazji firma McDonnell Douglas wykonała mu holograficzny portret.

Hologramy z tamtego pionierskiego okresu nie miały oczywiście wiele wspólnego ze sztuką, chociaż niektóre jako ciekawostki pokazywano w galeriach awangardowych. Często widniały na nich autoportrety eksperymentatorów, urzeczonych możliwością zarejestrowania własnej podobizny w tak niecodzienny sposób. Zwykle jednak znajdowały się tam przedmioty, które

były akurat pod ręką i dawały się, jak na przykład figury na szachownicy, ustawić tak, by podkreślały trójwymiarowość uzyskanego obrazu. Najsłynniejszy hologram, demonstrowany przez Leitha i Upatnieksa podczas licznych konferencji, przedstawiał lokomotywę zabawkę pod semaforem. Przed nią ustawiono figurkę rowerzysty, z tyłu zaś dwa porcelanowe ptaki większe od małej lokomotywy. Chociaż krytycy dopatrzyli się w tym dziele analogii do siedemnastowiecznego malarstwa holenderskiego, wydaje się ono bliższe dokumentalnej ekspresji Louisa Daguerre.

Artyści zainteresowali się nowym medium, ale do intymniejszych z nim kontaktów przystąpili z pewnym ociąganiem. Dopiero w 1970 roku udało się zgromadzić dość prac, aby urządzić pierwszą wystawę. Zorganizowano ją w stanie Michigan pod patronatem Cranbrook Academy of Art w miejscowości Bloomfield Hills. Dwadzieścia siedem hologramów zamontowano pod gołym niebem na tyczkach wbitych w piaszczyste dolki. W nocy dawało to złudzenie obrazów zawieszonych tajemniczo w powietrzu. Strażnik pilnujący wystawy stał zwykle przy hologramie przedstawiającym kieliszek szampana, obok którego stawiano prawdziwą butelkę. Obecna wśród widzów Elayne Varian, kurator Finch College Museum of Art z Nowego Jorku, dała się porwać nowej sztuce i z miejsca zaprosiła do swego muzeum wystawę, w której wzięli również udział artyści znani już z działalności na innych polach, jak na przykład Robert Indiana, którego rzeźba „Miłość” została zapisana holograficznie i odtworzona na ekspozycji. Wystawa w Finch College miała pochlebne recenzje w najpoważniejszych czasopismach — na przykład *Newsweek* pisał: „Obrazy są tak prawdziwe, tak przemawiają do odbiorcy, że może on poruszać się w ich otoczeniu, jak gdyby to były realne obiekty i oglądać je pod wciąż nowym kątem”.

W 1971 roku otwarto w San Francisco pierwszą szkołę holografii artystycznej. Jej założyciel, Lloyd Cross, jest nie tylko artystą, lecz i pedagogiem (szkoła wykształciła do dzisiaj ponad dwa tysiące osób), a także wynalazcą nowych technik holograficznych. Chcąc spożytkować swoje odkrycia Cross założył firmę Multiplex Company, z której usług korzystają przedsiębiorstwa handlowe i przemysłowe. Uzyskane w ten sposób fundusze poświęca on na własne eksperymenty artystyczne oraz na realizację pomysłów swoich asystentów i studentów.

Komercyjny profit z holografii jest nie do pogardzenia, pojawiło się więc sporo małych laboratoriów, które produkują holograficzne pamiątki różnego autoramentu: obrazki, wizytówki, breloczki. Popularność zdobyły zwłaszcza medaliony wielkości srebrnej półdolárówki, niestety, na ogół szmirowate w treści. W „domu duchów” centrum rozrywkowego na moło w Ocean City w stanie Maryland holograficzne wizje czaszek fruują pod sufitem, wiedźma z muzeum figur woskowych w San Francisco wywołuje w kryształowej kuli holograficzny obraz diabła, hologram mężczyzny palącego papierosa „Salem” przyciąga uwagę widzów na nowojorskich stacjach kolejowych, a w filmie „Logan’s Run” sześć hologramów aktora Michaela Yorka przesłuchuje komputer — i tak dalej, i tak dalej...

Jeśli mimo swych zalet i powabów holografia nie wyparła fotografii (i nie zanoszą się na to w najbliższym czasie), to tylko dlatego, że sprzęt do jej wytwarzania jest skomplikowany i stosunkowo drogi. Ceny najtańszych laserów helowo-kadmowych nie spadają poniżej dwu tysięcy dolarów, doskonalsze lasery argonowe kosztują zaś około dziesięciu tysięcy. Sporo pieniędzy pochłaniają płytki holograficzne, a przecież należy jeszcze dokupić trochę urządzeń laboratoryjnych. Potrzebny jest na przykład stół izolujący drgania —

które przez hologram mogą być rejestrowane jako zakłócająca fala świetlna — i to dobry; pewien artysta skarżył mi się, że jego stół okazał się bezużyteczny, bo nie tłumi wstrząsów wywołanych przez samochody jadące po autostradzie odległej o pół kilometra.

Technika holograficzna doskonali się coraz bardziej. Najwyższą jakość reprodukcji zapewniają tak zwane hologramy transmisyjne; aby je odtworzyć, trzeba oświetlić hologram od tyłu — obraz powstaje wówczas przed płytką. W 1961 roku zaproponowano jednak inny rodzaj hologramu — odbiciowy. Światło pada nań z tej samej strony, po której znajduje się widz, i obraz widać wewnątrz płytki. Do odtwarzania hologramów również nie jest już nieodzowny laser — można je obecnie oglądać przy zwykłym świetle dziennym lub normalnej żarówce.

Te rozmaite techniki prezentuje nowojorskie muzeum holografii. Do jego założenia walenie przyczynił się sukces wystawy „Holography 75”, urządzanej w International Center of Photography. Okazało się wtedy, że warto by mieć coś takiego na stałe. 8 grudnia 1976 roku otwarto wreszcie ów pierwszy na świecie przybytek sztuki holograficznej (fot. XI) przy ulicy Mercer 11. W ciągu dwóch pierwszych tygodni odwiedziło go 16 tysięcy osób; *New York Times* skomentował ten fakt następująco: „W przeciwieństwie do większości muzeów, które są skarbnicami przeszłości, muzeum holografii prezentuje wizje przyszłości”.

Inauguracyjną wystawę nazwano „Through the Looking Glass”. Jest to tytuł drugiego tomu *Alicji w krainie czarów* Lewisa Carrolla, który w polskim tłumaczeniu brzmi: *O tym, co Alicja widziała po drugiej stronie lustra*. Na ilustracji Johna Tenniela do książki Carrolla Alicja przekracza wielkie lustro wiszące nad kominkiem — jakże trafnie oddaje ten rysunek istotę holografii!

„Było to pierwsze muzeum, którego otwarcie umożliwiła pożyczka bankowa” — opowiadała Rosemary H. Jackson, dyrektor Museum of Holography. Kiedy pani Jackson studiowała fotografię w college'u, nad jej wydziałem mieściła się sekcja projektowania form przemysłowych, w której rozpoczynano doświadczenia holograficzne, co ukierunkowało jej zainteresowania. „Jesteśmy istotnie bardzo szczególnym muzeum — mówiła pani Jackson. — Prawie wszystkie wydatki pokrywają nam dochody z biletów i książek, podczas gdy inne tego typu placówki żyją głównie na koszt rozmaitych fundacji”.

Miejsc, w których można oglądać sztukę holograficzną, jest obecnie dużo więcej. W Stanach Zjednoczonych Ameryki kilkanaście galerii prowadzi stałe pokazy. W Kolonii i w Paryżu założono muzea, a kursów, na których każdy może opanować podstawy artystycznej holografii, działa dziś ponad dwadzieścia. Na angielskim Goldsmith College powstał nawet wydział specjalizujący się wyłącznie w nauczaniu holografii. Od siedmiu lat co miesiąc ukazuje się także biuletyn pod tytułem *Holosphere*.

Wystawy holograficzne cieszą się rosnącym powodzeniem, zatem nie jest to jedynie szok wywołany nowinką techniczną, która może szybko się opatrzeć. W londyńskiej Royal Academy of Art trzy tysiące widzów dziennie nadstawiało ręce pod wodę ciekącą z widocznego na hologramie kranu. W sumie pokaz ten, przygotowany przez brytyjską grupę „Holoco”, obejrzała prawie stutysięczna rzesza widzów. Podobną frekwencję notowano na pokazach organizowanych siłami zespołu „Lasergroup Holovison”, działającego od 1974 roku przy Królewskim Instytucie Techniki w Sztokholmie.

Największa wystawa holograficzna odbyła się w Tokio w sierpniu 1978 roku. Dzięki poparciu dziennika

Asahi Shimbun zgromadzone 90 prac, z których bez mała połowę dostarczyli artyści japońscy. Tytuł: „Alicja w krainie światła” i tu nawiązywał do Lewisa Carrolla. Między innymi pokazano okulary, dziełko Kohei Suguiiry, w których szkła zastępują hologramy, tak że można przez nie oglądać trójwymiarowy obraz. Sensację wzbudzał także niemal dwumetrowy francuski hologram przedstawiający Wenus z Milo.

Sztuka holograficzna tak już okrzepła, że zaczynają się z niej wyłaniać nurty, które zasługują na osobne omówienie. Jednym z nich jest holografia erotyczna, rozkwitająca ze względu na chłonność rynku. Pomimo słonej ceny (240 dolarów plus 90 za urządzenie wyświetlające) hologramy erotyczne idą jak woda, a jeśli wierzyć plotce, wydawca *Playboya*, Hugh Hefner, ma największą kolekcję prywatną.

Gwiazda tego nurtu, modelka Pam Frazier, proklamowała się „najczęściej holografowaną kobietą na Ziemi”. Na większości hologramów uroczą pani Frazier pozuje ze swoją przyjaciółką, bohaterką wielu filmów porno, Helen Madigan. Wykonane przez nie hologramy działań pani Lindy Lovelace, bohaterki filmu „Deep Throat”, nie podobały się jednak sądowi, który nie zezwolił na ich rozpowszechnianie.

W tym samym nurcie utrzymują się również hologramy Harriet Casdin-Silver, artystki pracującej w CAVS, która przedtem wykładała fizykę na Brown University i miała już na swoim koncie sporo interesujących kompozycji rzeźbiarskich. Holografią zajęła się w końcu lat sześćdziesiątych i zaliczana jest obecnie do grona prominentów nowej sztuki. Harriet Casdin-Silver zajęła się filmem holograficznym, widząc w nim najbardziej obiecujący wariant nowego medium. Już w 1969 roku Alex Jacobson pokazywał na hologramie przez dwadzieścia sekund ruchy złotej rybki, ale nad dopracowaniem tego wynalazku ślęczą do dziś zespoły

naukowców. Na razie korzysta się z tak zwanych holodeonów, nazywanych również hologramami wielokrotnymi. Wykorzystują one fakt, że na tej samej płytce — jeśli ją za każdym razem obrócimy o niewielki kąt — można zapisać kilka obrazów (fot. 25). Zmieniając położenie hologramu lub obchodząc go wokół odbieramy wrażenie ruchu.

Twórca holodeonu, wspomniany już Lloyd Cross, zaprezentował swoje dzieło w 1972 roku. Holodeon ma kształt przezroczystego pierścienia o szerokości 25 centymetrów. Na jego obwodzie można zarejestrować 1080 klatek filmowych, kiedy więc umieścimy holodeon na obrotowym podium, otrzymamy 45-sekundowy filmik. Po podświetleniu go od dołu zwykłym światłem, wewnątrz pierścienia pojawia się trójwymiarowy ruchomy obraz — wygląda to trochę tak, jak rzęście iluminowane akwarium.

Takie właśnie holodeony wykonał Cross w 1973 roku na zamówienie i według projektu Salvadora Dali. Na jednym występował piosenkarz rockowy, Alice Cooper, na drugim sam Dali malujący portret żony. Ten pierwszy, zatytułowany „Alice Cooper Popstar”, szanowana nowojorska Knoedler Gallery oceniła na 25 tysięcy dolarów, ale z pewnością nie to zadecydowało, że holodeonami zajmuje się wielu doskonałych artystów. Zainteresowali się nimi też twórcy filmów animowanych, którzy w ciągu ostatnich lat wyprodukowali parę pozycji godnych uwagi.

To właśnie holodeony stały się sensacją „Through the Looking Glass” i po zamknięciu wystawy w muzeum holografii objechały kilkanaście miast amerykańskich i kanadyjskich. „Kiss II” Lloyda Crossa został okrzyczany „Moną Lisą holografii”. Jody Burns pokazywała tam swego „Szymona z kamerą”, który sprawiał wrażenie, że robi zdjęcia publiczności, „Night at the Movies” Dana Schweitzera był zaś parodią horroru: w

czasie pokazu filmowego aktor wychylał się z ekranu i porywał jednego z widzów.

Artyści zajmujący się holografia skarzyli się kiedyś, że często nagabywano ich, czy to, co robią, jest rzeczywiście sztuką. Odpowiadali, że fotografów zanu- dzano w ten sam sposób przez 140 lat, filmowców natomiast nikt o to nie pyta. A przecież film wniósł do fotografii ruch, holografia zaś wniosła do filmu trzeci wymiar (w przenośni można by rzec, że nawet kilka dodatkowych wymiarów). Obecnie nikt już nie zadaje takich naiwnych pytań.

Coraz rzadsze są także próby klasyfikowania holo- grafii jako szczególnego rodzaju fotografii. Gdybyśmy nawet zastosowali wszystkie triki ożywiające płaską kartkę papieru, nie uda się nam osiągnąć ani ćwierci tej dynamiki i perspektywy, jaką daje najmniejszy ho- logram, nie jest to bowiem geometryczna iluzja, lecz rzeczywisty trójwymiarowy obraz. Hologram nie re- prezentuje przestrzeni, on jest przestrzenny, a scena, którą przedstawia, zmienia się przy każdym ruchu od- biorcy.

Dodatkowy element stanowi światło konieczne do od- twarzania hologramu. Zwłaszcza światło lasera wnosi atmosferę niezwykłego wtajemniczenia. Zależnie od ro- dzaju gazu, który wypełnia rurę lasera, te same holo- gramy mogą zmieniać odcienie i kolory, eksponując rozmaite fragmenty obrazu. Sprawia to, że hologramy uznać można za *sui generis* wielowymiarową rzeźbę świetlną.

Unikalne właściwości nowego środka ekspresji pobu- dzają krytyków do poważniejszych rozważań, w któ- rych przy wsparciu zen, akido i klasycznej filozofii ho- lografia podnoszona jest do rangi sztuki naszej epoki. Jeff Berner w swojej *The Holography Book* pisze: „Holografia stanowi uderzającą metaforę naszego dwu- dziesiątowiecznego, posttechnologicznego rozumienia rze-

czywistości. Z pewnością sposób, w jaki ją pojmujemy, zsunął się z klasycznego łuku proscenium, wymknął się z wąskich wzorców kategorii myślenia ustanowionych w zachodnim świecie przez Arystotelesa, Newtona i większość innych poprzedzających Einsteina królów filozofii. To Einstein zapoznał nas z względnością wszystkiego i zademonstrował ten fakt w nowoczesnej fizyce. Ta świeżo utworzona dyscyplina nie odrzuciła całkowicie pojęć materii i cząsteczek elementarnych, ale uznała, że nawet najbardziej nieuchwytnie cząsteczki są w większym stopniu interakcjami i «zdarzeniami» niż obiektami materialnymi. Wzory interferencyjne powstające w holograficznym zapisie mogą być wspaniałym przykładem interferencyjnej natury wszystkich przedmiotów, działań, a nawet myśli”.

Ciekawe, że podobne oceny akceptują również naukowcy. Były współpracownik Einsteina, fizyk David Bohm, powiedział w 1971 roku, że hologram jest nowym opisem rzeczywistości, który nazwał „porządkiem całościowym”. Psychologowie dowodzą, że zapamiętując rozmaite fakty operujemy obrazami o naturze zbliżonej do hologramów, że magazynujemy w mózgu holograficzne zapisy naszych życiowych doświadczeń. „Hologram wyjaśnia organizację i funkcjonowanie mózgu — mówi neurofizjolog, prof. Karl H. Pribram ze Stanford University. — Co więcej, wszystko wskazuje na to, że wzrok i słuch rozdzielają złożone formy falowe na elementy składowe, i to być może w podobny sposób, jak w przypadku analizatorów używanych w holografii”.

Czyżby więc określenie „pamięć fotograficzna” powstało z braku terminu, który mogłoby lepiej oddać istotę rzeczy?

Nie wdając się w owe abstrakcyjne spekulacje należy jednak przyznać, że holografia wiele już ofiarowała współczesnej sztuce i jeszcze więcej obiecuje na

przyszłość. Jakże pociągająco rysują się możliwości zastosowania holografii nie tylko w sztukach pięknych, filmie czy teatrze, ale i w ilustracji książkowej, reklamie czy dydaktyce. Kto wie, może zbliżamy się już do spełnienia przepowiedni z książek fantastyczno-naukowych o trójwymiarowej telewizji — spektaklu rozgrywającym się w przestrzeni naszego pokoju i dającym nam szansę włączenia się do akcji.

Piąta synteza c-moll

„Bez komputera bylibyśmy bezradni” — stwierdził szef firmy Broadcast Music Inc., która zajmuje się ochroną praw autorskich około 47 000 amerykańskich autorów piosenek i ich wykonawców. Rzeczywiście na tamtejszym rynku pojawia się co roku ponad milion nowych utworów — od awangardy po muzykę country, od symfonii po kilkutaktowe sygnały wywoławcze audycji telewizyjnych. Wszystko to trafia do ośmiu tysięcy rozgłośni radiowych, 750 stacji telewizyjnych, setek nocnych klubów, dyskotek, orkiestr i grających szaf. Największy na świecie komputerowy system informacji muzycznej śledzi losy utworów bez mrugnięcia okiem, mimo że dodatkowo musi brać pod uwagę dane otrzymywane od podobnych organizacji z czterdziestu innych krajów. Nie ulega wątpliwości, że gdyby nie maszyna cyfrowa, nikt nie potrafiłby się połąpać, gdzie co zostało odtworzone, od kogo należy wyegzekwować honoraria i ile wypłacić autorom.

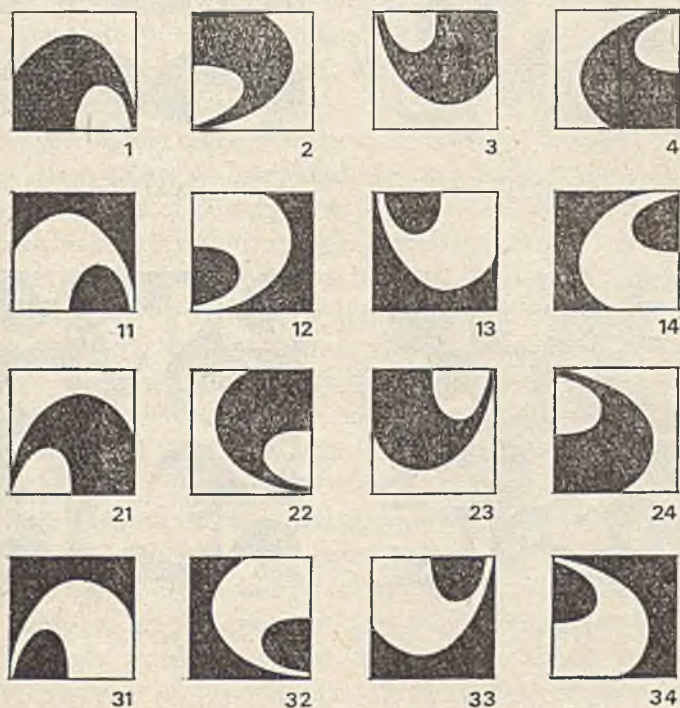
Mniejszy system tego rodzaju zafundowała sobie pewna hollywoodzka agencja zajmująca się obsadzaniem aktorów w filmie i telewizji. Na początek w banku danych umieszczono personalia pięciuset artystów. Gdy pojawia się jakaś oferta, maszyna cyfrowa szybko drukuje informacje o najbardziej odpowiednich kandyda-

tach i jednocześnie steruje automatycznym projekto-rem, który wyświetla taśmę z próbnymi zdjęciami polecanych osób. Z usług domowego komputera korzysta natomiast jeden z klientów tejże agencji — telewizyjny reżyser dźwięku. Maszyna zarządza jego prywatnym archiwum nagrań i nastawia aparaturę nagłaśniającą. Na życzenie wyszukuje na przykład kwakanie kaczki, nagrywa je razem ze szczekaniem psa i odtwarza z półtora raza większą prędkością.

Przez takie to właśnie artystyczne peryferia trafiły komputery do przybytków prawdziwej sztuki. Najpierw terminowały latami w instytutach badających historię sztuki, pełniły służbę informacyjną w bibliotekach muzycznych, sporządzały bilanse kwartalne w teatrach. Dopiero po dłuższym czasie ktoś wpadł na pomysł, żeby dać im szansę do stworzenia czegoś własnego. Wykorzystując sprzężone z komputerem urządzenia kreślarskie (nazywane pisakami x-y lub plotterami) zorganizowano w 1965 roku wystawę maszynowej grafiki, pierwszy zaś konkurs na muzykę skomponowaną przez maszynę cyfrową odbył się w Edynburgu w trzy lata później.

Maszynie jest w gruncie rzeczy wszystko jedno, czy maluje obraz, pisze wiersz, komponuje piosenkę czy opracowuje układ taneczny. Zasada jej funkcjonowania polega na wybieraniu podstawowych elementów, „cegiełek”, z których zbudowany jest utwór, i konstruowaniu z nich rozmaitych kombinacji. Za element podstawowy może służyć punkt szkicowanego obrazu, który opisywany jest liczbami precyzującymi jego położenie i barwę; może nim być dźwięk, którego czas trwania, wysokość i siła głosu to dla maszyny także trójka liczb; równie dobrze będzie elementem podstawowym gest ujęty cyfrowo i wyraz, którego numer komputer przechowuje w swojej pamięci. Zadaniem maszyny jest takie zestawienie owych elementów, aby ciągi

zer i jedynek (odpowiadające liczbom, które określają jakąś kombinację elementów podstawowych) stanowiły zapis dający się odczytać jako pejzaż, symfonia, poemat lub etiuda baletowa.



Rys. 21

Istotę tej metody twórczej ilustrują grafiki komputerowe tworzone przez Manuela Barbadillo, który rozpoczął swoje eksperymenty w połowie lat sześćdziesiątych w Madrycie. Elementy podstawowe, ponumerowane jak na rys. 21, są właściwie jednym wpisaniem w kwadrat znakiem graficznym, którego rozmaite warianty uzyskane zostały przez obrót lub zamianę na



Rys. 22a



Rys. 22b



Rys. 22c



Rys. 22d

negatyw. Maszyna cyfrowa zestawiała numery elementów w dowolny sposób, dostarczając dziesiątków propozycji grafik, jak choćby te z rys. 22 (a-d).

Z szacunku dla historii przyznać trzeba, że pomysł wcale nie jest nowy. Znawcy sztuki wywodzą go od średniowiecznego filozofa, Ramona Lulla z Majorki. Największą popularnością cieszyły się te koncepcje w XVII w., kiedy ich wyznawcy głosili z przekonaniem, że wszystko, co udaje się nam wymyślić (nie tylko w sztuce, ale również w nauce i innych dziedzinach), jest

tylko kombinacją podstawowych, znanych od dawna elementów. Sprzyjali tym ideom także ludzie uznani za genialnych twórców. Podobno nawet Mozart komponował menuety ze stałych drobnych fragmencików, które łączył na podstawie rzutu kostką, dla otrzymania w pełni przypadkowych kombinacji.

Komputery dały zwolennikom tego nurtu szansę, o jakiej przedtem nie śnili. Maszyna bez wysiłku układa kombinacje wszystkich elementów podstawowych, których zbiór może być nawet bardzo obszerny. Wyobraźmy sobie na przykład, że w pamięci komputera zapisany został komplet znanych człowiekowi dźwięków, maszyna zaś otrzymała luźno sformułowane polecenie: „Dobieraj je sobie dowolnie”. Po latach kojarzenia rozmaitych dźwięków można by zatem oczekiwać, że powstanie zestaw, który obejmie wszystkie kombinacje, jakie się tylko da uzyskać. Znalazłyby się wśród nich oczywiście napisane dotychczas utwory muzyczne: mazurki Chopina, symfonie Beethovena, ludowe przyśpiewki i piosenki Beatlesów, byłyby one jednakże niezauważalną częścią ogromnego zalewu przypadkowo złączonych ze sobą dźwięków, które w przeważającej części nie miałyby żadnej artystycznej wartości.

Dlatego też komputer, który ma ambicje stworzenia dzieła sztuki, powinien pamiętać o regułach obowiązujących w tej materii. Trzeba mu, podobnie jak słuchaczowi konserwatorium lub szkoły plastycznej, wyłożyć zasady, jakich należy przestrzegać, aby powstał poprawny utwór muzyczny czy też obraz o właściwie rozmieszczonych półcieniach. Wówczas liczba zestawianych przez maszynę kombinacji zmniejszy się radykalnie, choć oczywiście, mimo że poprawne z akademickiego punktu widzenia, niekoniecznie muszą one zostać uznane za dzieła sztuki. Dlatego też wielu artystów traktuje produkcję komputerową jako propozycje, z których po przesłuchaniu kilometrów taśmy lub przeje-

rzeniu dziesiątków szkiców można dopiero wybrać coś interesującego.

Mnóstwo z tym zachodu, bo komputer podsuwa coraz inne sugestie z przerażającą szybkością, najprościej byłoby więc przerzucić decyzję o wyborze rzeczy wartościowych na samą maszynę. Komputer naśladowałby wtedy sito, które z rwącego strumienia własnych pomysłów wyławia najbardziej zasługujące na uwagę. Ba, ale jak to zrobić? Jak sformułować nasze poczucie piękna i zaprogramować je w zrozumiały dla komputera sposób? Nie wystarczy przecież poinformować maszynę, że w złym stylu jest zestawienie zielonego z czerwonym lub rejestrowanie odgłosu brzęącego jak skrobanie paznokciami po szkle. Nam samym przecież w tej delikatnej kwestii zdarzają się pomyłki — coś, co uznawano latami za kicz, nagle staje się arcydziełem. W końcu wszystko zależy od indywidualnych upodobań.

Mimo to jednak znaleźli się śmiałkowie, którzy postanowili dokonać matematycznego opisu naszych kryteriów estetycznych dla potrzeb maszyn-artystów. Kiedy przed kilku laty pisałem o twórczości komputerowej, wystarczyło ograniczyć się do drobnej wzmianki na ten temat — dziś ówczesne eksperymenty przyniosły już całkiem konkretne rezultaty. Niedawno wyszła nawet książka udowadniająca, że komputer może być krytykiem własnej twórczości. Autorzy, George Stiny i James Gips, dali jej tytuł *Algorithmic Aesthetics — Computer Models for Criticism and Design in the Arts*, czyli „Estetyka algorytmiczna — modele komputerowe oceny i projektowania sztuki”.

Artystyczne dokonania komputerów spotkały się z niechęcią części twórców i nieufnością dużej grupy publiczności. Zarzucano maszynom, że ich dzieła są co prawda precyzyjne i mieszczą się w dopuszczalnych granicach, ale brak im głębszych treści, ludzkiego ciepła

i pomysłowej różnorodności. Być może jednak w przypadku artystów wpływało to z obawy przed konkurencją, a u odbiorców odezwało się wpajane od wieków przekonanie, że prawdziwa sztuka może być jedynie dziełem człowieka. Wskazywały na to proste doświadczenia. W galeriach wieszano mianowicie obok siebie płótna malowane ludzką ręką i komputerowo sterowanym pisakiem, ale zamieniano podpisy. Obecni na wernisażach artyści z kwaśnymi minami wysłuchiwali wtedy komplementów pod adresem maszyn, a wobec własnych obrazów zarzutów w rodzaju: „chłód i bezmyślne żonglowanie formą”. Podobnie było, gdy przemieszano melodie komputerowe z kompozycjami uznanych profesjonalistów, gdyż nawet wytrawni krytycy muzyczni nie potrafili dociec autorstwa poszczególnych urywków. Dodajmy, że wiele lubianych przebojów dyskotekowych czy też wyróżnianych projektów graficznych powstało dzięki ścisłej współpracy twórców z maszynami cyfrowymi. Praktycznie owa „ściska współpraca” sprowadzała się do tego, że artysta typował jedno z proponowanych przez komputer rozwiązań i podpisywał się pod nim, za żadną cenę nie ujawniłby jednak faktu, że umie programować. Wskutek wspomnianych uprzedzeń oskarżenie o kolaborację z komputerem bardzo niekorzystnie odbija się na reputacji artysty i może nawet zawążyć na jego karierze.

Zarzut ograniczonej inwencji twórczej jest wobec maszyny sporym nietaktem. Toż to ona właśnie nie ma żadnych zahamowań wynikających z nawyków środowiska i często łączy elementy podstawowe w zaskakująco nowatorskie kompozycje, jakie nigdy nie przyszłyby do głowy artyście. Maszyna cyfrowa ma przecież do dyspozycji generatory liczb losowych, co pozwala na tworzenie kombinacji absolutnie przypadkowych. Wyborem losowym posługują się maszyny z równą swobodą, jak wspomnianą poprzednio umiejętnością nie-

wolniczego podporządkowania się ustalonym regułom, zależnie od potrzeb ustala się więc właściwe proporcje między tymi dwoma skrajnościami, tak aby mieszanina ślepego trafu i artystycznych kanonów pozwoliła na uzyskanie najlepszych rezultatów.

Spośród rozlicznych gałęzi sztuki muzyka okazała się tą, w której maszyny odegrały do tej pory największą rolę. Nie bez znaczenia była tu chyba wcześniejsza penetracja tego obszaru przez elektronikę, stawiającą do dyspozycji muzyków elektryczne organy, gitary i syntezatory dźwięku oraz rozpieszczającą słuchaczy superczułymi mikrofonami, zestawami szerokopasmowych kolumn głośnikowych, stereofonią i kwadrofonią. W 1954 roku na Uniwersytecie Columbia skompletowano całkowicie zelektronizowane studio muzyczne. Tam też w cztery lata później zbudowano syntezator, który wytwarzał zadziwiająco wiele rozmaitych tonów. Pracująca na uniwersytecie stanu Illinois maszyna cyfrowa ILLIAC skomponowała w 1963 roku utwór przeznaczony na kwartet smyczkowy. „Illiac Suite” uznano za dzieło na tyle dojrzałe, że od jej narodzin zaczęto liczyć lata epoki muzyki komputerowej.

Obecnie ma ona swoich klasyków, tradycję, a nawet rozmaite szkoły. Z kilkuset liczących się w świecie utworów, powstałych przy użyciu komputera, najczęściej skomponowano w USA, Francji, Wielkiej Brytanii, RFN i Szwecji. Pierwsze płyty wylansowane przez firmę Decca pod tytułami „Music from Mathematics” i „Voice of the Computer”, na których maszyna cyfrowa nie tylko grała, ale i śpiewała, weszły na listy przebojów. Maszyny gotowe są pisać muzykę lekką i poważną, pomagają przy tworzeniu nowych efektów akustycznych w radio i dobierają podkład dźwiękowy do filmów. Specjalizują się zwłaszcza w muzyce kina science-fiction, wystarczy przypomnieć choćby „2001 odyseję kosmiczną” i radziecką wersję *Solaris*.

Jednym z najwybitniejszych artystów stosujących maszyny cyfrowe jest Grek z pochodzenia, Iannis Xenakis, muzyk i inżynier. Zainteresował się on tą techniką w 1962 roku, kiedy to podczas pobytu we Francji zaprogramował w języku Fortran maszynę IBM 7090 do tworzenia muzyki. W końcu lat sześćdziesiątych Xenakis przeniósł się do USA i wkrótce stał się głównym autorytetem w tej dziedzinie. Oto jego wypowiedź z czasów, gdy po raz pierwszy zetknął się z muzyką komputerową i szczerze nią zachwycił: „Z pomocą maszyn cyfrowych kompozytor staje się rodzajem pilota: naciska guziki, wprowadza współrzędne i nadzoruje sterownię kosmicznego statku, żeglującego przez dźwiękowe konstelacje i galaktyki, które przedtem mógł jedynie niewyraźnie dostrzegać w odległych marzeniach. Teraz może je swobodnie badać siedząc w miękkim fotelu”.

W plastyce maszyny cyfrowe również zrobiły niemało. Już w 1968 roku zebrano tyle ciekawych przykładów grafik komputerowych, że londyński Instytut Sztuki Współczesnej mógł je zaprezentować na obszernej ekspozycji zatytułowanej „Wydarzenia Cybernetyczne”. Artyści amerykańscy, europejscy i japońscy przedstawili wówczas dziesiątki znakomitych prac. Dziś zasady programowania komputerów wyklada się w wielu wyższych, a nawet średnich szkołach plastycznych. Grafiki komputerowe zamieszcza regularnie prasa specjalistyczna — zarówno techniczna, jak i artystyczna. Powstał nawet specjalny miesięcznik *Computer Graphics and Art*, skupiający się wyłącznie na tej problematyce. Oto przykłady grafik wybranych z albumów sztuki komputerowej (fot. 26a, b i fot. XII); a to rzeźba, którą zaprojektowała maszyna (fot. 27).

W naszym kraju mieliśmy również okazję wielokrotnie zetknąć się z wynikami plastycznej aktywności

maszyn. W 1973 roku przedstawiała u nas swoje prace wiedeńska grupa artystów komputerowych — Ars Intermedia. Dysponowała ona skonstruowanym wyłącznie na potrzeby artystyczne komputerem AI/70. Kontynuacją tej linii była międzynarodowa wystawa otwarta w 1976 roku w stołecznej Galerii Studio. Już sam jej tytuł: „System+program”, będący aluzją do komputerowego podziału na sprzęt i programowanie, świadczy, jak serio artyści potraktowali wykorzystanie maszyn cyfrowych.

Obiecująco rysują się perspektywy zastosowania maszyn do projektowania przedmiotów codziennego użytku. W tym wypadku mogą one połączyć swoje doświadczenia artystyczne z wiedzą natury czysto technicznej. Być może więc, gdy maszyna przechwyci oba wątki, do przeszłości należeć będą nieporozumienia między inżynierami i plastykami, którzy wspólnie opracowują pawilon wystawowy, karoserię samochodu czy zestaw funkcjonalnych mebli i nie mogą znaleźć kompromisu między estetycznym wyglądem a wytrzymałością materiałów i wymaganiami eksploatacyjnymi. W londyńskim Muzeum Nauki, obok mozaik i witraży „malowanych światłem przez komputer”, wystawiony jest sweter, którego deseń zaprojektowała maszyna cyfrowa. Tkaniny z naniesionymi przez komputery rysunkami lub wyszywankami są bardzo poszukiwane przez projektantów mody, bo ich wzory nie powtarzają się i nie ma mowy, żeby spotkać kogoś w identycznej sukience.

Wybór elementów podstawowych stał się nie lada problemem dla eksperymentatorów, którzy usiłowali namówić maszyny do pisania utworów literackich. Szybko jednak przekonano się, że pojedyncze litery niezbyt się do tego nadają, bo w ich przypadkowych kombinacjach jest zbyt mało sensu (przydawały się tylko z rzadka do wynajdowania chwytliwych nazw

detergentów). Ze zdaniem jest akurat przeciwnie — długie i sztywne znaczą już coś konkretnego i losowe zestawienie ich z sobą prowadzi do sprzeczności logicznych. Jedynym racjonalnym rozstrzygnięciem wydaje się zatem przyjęcie wyrazów za elementy podstawowe. Już zbiór kilku prostych słów łączonych na chybił trafił daje całkiem poprawne sentencje, w których czasami można się dopatrzeć jakichś głębszych myśli.

Na tej właśnie zasadzie oparł francuski cybernetyk, Albert Ducrocq, działanie maszyny Kaliopie. Owa imienniczka muzy poezji epicznej składała miniaturki literackie w stylu tej, opublikowanej w 1953 roku: TRYSNĘŁO ŹRÓDŁO, KTÓREGO FALE NA ZAWSZE ZAMKNEŁY PRZESZŁOŚĆ. GŁÓG ZASTĄPIŁ PRZEBISNIEG I OTO FIOLETOWA GODZINA, W KTÓREJ SŁYSZY SIĘ, JAK ŻABA DEPCE NENUFAR. JEST TU RACHUNEK ZA PRZESZŁOŚĆ, KTÓRY CODZIENNIE ROŚNIE.

Pora przypomnieć najsłynniejszego sztucznego poetę — wymyśloną przez Lema maszynę Elektrybałt. Jej książkowy konstruktor Trurl postąpił tak, jak współcześni twórcy wierszujących komputerów. „Wprowadził on do elektropoety programy ogólne”, uzgodnił elementy logiczne, emocjonalne i semantyczne. Maszyna konfrontowana z prawdziwymi poetami szybko analizowała ich utwory i opanowawszy algorytmy, które stosowali, odwzajemniała się doskonalszym tekstem. Elektrybałt pobił na głowę rymotwórców; miał zawsze „gotowy poemat wskazanych rozmiarów na każdą okazję”, ale okazał się w końcu artystą zbyt płodnym i tak prądochłonnym, że trzeba go było wywieźć na odległą planetoidę.

Poezja istotnie przychodziła komputerom lepiej niż proza, w niej bowiem łatwiej zamaskować luźne związki między kojarzonymi losowo słowami. Przed dwu-

dziestu laty sensację w środowisku literackim Kalifornii wywołały poematy podpisywane przez niejakiego A. Beatnika. Miały one, zdaniem krytyków, zaskakującą zdolność piętrzenia metafor i głęboką wymowę, przy jednoczesnej klarowności i oszczędności słowa. Jakież było zaskoczenie, gdy ujawniono, że autorem jest tuzinkowy komputer, który zaprogramowano na pisanie wierszy w godzinach wolnych od obliczeń handlowych. Program ów na roboczo nazwano Auto-Beatnik. Poniżej próbka wiersza z lat sześćdziesiątych:

CICHO SZYBOWAŁY KRYSTAŁOWE POLA
NAPRZECIW PUSTYNNYM GÓRSKIM STOKOM
GDY KSIEŻYC WZESZEDŁ
SPOKOJNY KRAJOBRAZ ZAPŁONAŁ TAJEMNICZO
NAGLE PUSTYNIIE PÓL ROZŻARZYŁY SIĘ
PONAD CIĘŻKIMI DZIAŁAMI
GDY TRAWA ROZBŁYSŁA
MROCZNA RZECZYWISTOŚĆ ROSŁA ODRAŻAJĄCO.

Dla sprawdzenia, jak jest odbierana komputerowa poezja, przeprowadziłem kiedyś eksperyment z grupą studentów wydziału literatury jednego z amerykańskich uniwersytetów. Test oprócz sześciu krótkich wierszy maszynowych, ułożonych przez komputery IBM 7094 i Mark II, zawierał sześć utworów E. E. Cummingsa, Jamesa Dickeya, Wallace'a Stevensa, Denisa Levertova i Kurta Vonneguta Jr. W głosowaniu studenci uznali cztery wiersze komputerowe za twórczość poety, a trzy utwory poetów przypisali maszynie.

Zdolności obliczeniowe komputerów przydają się w poezji do dobierania rymów i pilnowania poprawnej struktury utworu. Wykorzystano to zwłaszcza do układania wierszy wzorowanych na japońskiej formie haiku, która przestrzegała trzech strofek o określonej liczbie sylab (5, 7, 5):

BIEL JEST W PĄCZKACH
ROZŚWIETLAM ŚNIEŻNE SZCZYTY
W SŁONECZNEJ MGLE.
ZIELEŃ W LIŚCIACH
CZUJĘ KAŁUŻE WŚRÓD DRZEW
KSIEŻYC WZLATUJE.
CIEMNE WODY, PIEŚŃ
BITEW, NASZE MOTYLE
W MROKU, MROKU.
DZIKI, CICHY ŚPIEW
ECHO WIOSNY, O ECHO
ECHO UMARŁO.

Spora jest także grupa autorów korzystających z usług maszyn cyfrowych przy wymyślaniu fabuły. Zwykle są to, przyznajmy, autorzy trzeciorzędnych romansów kryminalnych lub seriali telewizyjnych. Na początku najłatwiej było zaprogramować komputer na układanie rozmaitych kombinacji zdarzeń wyluskiwanych ze stereotypowych zazwyczaj nowelek detektywistycznych, maszyna podsuwała więc taśmowemu producentowi kieszonkowych książeczek kilkadziesiąt wariantów przebiegu akcji. Dosłowny cytat pozwoli chyba ocenić obiektywną wartość owych skryptów:

AKT 16

LADY JANE OBUDZIŁA SIĘ

LADY JANE WSTAŁA

JANE POMYŚLAŁA, ŻE DZIEŃ JEST PIĘKNY

JANE ZNALAZŁA DRA BARTHOLOMEW HUME

LADY JANE ZOBACZYŁA, ŻE DR HUME NIE
ŻYJE

LADY JANE KRZYKNEŁA GŁOŚNO

LADY JANE ZEMDLAŁA

INNI OBUDZILI SIĘ

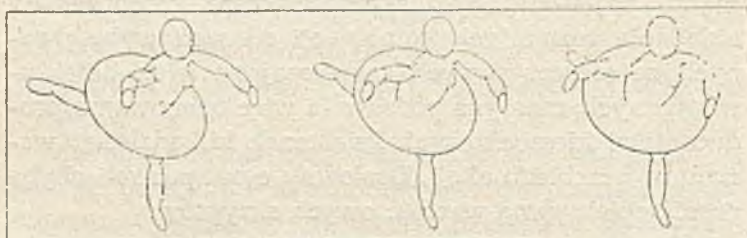
INNI POBIEGLI DO LADY JANE

INNI ZOBACZYLI DRA BARTHOLOMEW HUME

WSZYSCY ZACZĘLI MÓWIĆ

EDWARD ZADZWONIŁ PO GLINY
FLORENCE ZBADAŁA CIAŁO
FLORENCE POWIEDZIAŁA, ŻE DR BARTHOLO-
MEW HUME ZOSTAŁ ZABITY Z BRONI PALNEJ
POLICJANCI PRZYBYLI
GLINY BYŁY IDIOTYCZNE
GLINY SZUKAŁY ŚLADÓW W BIBLIOTECE
FLORENCE TAKŻE SZUKAŁA
KONIEC AKTU 16.

Najbardziej opornie dają się komputery wprowadzać na deski sceniczne, choć w kilku teatrach sprawdził się komputerowy system sterowania oświetleniem o kryptonimie VDM-1. Bezpośredni kontakt z żywymi wykonawcami i natychmiastowa reakcja publiczności nie sprzyjają tego typu praktykom, ale i w tej



Rys. 23

d dziedzinie można odnotować pewne postępy. Maszyny cyfrowe wykorzystywane są na przykład przez choreografów. Analizują one utwór muzyczny i dobierają pasujące do niego układy taneczne, podając, w jakim miejscu sceny powinni znajdować się członkowie zespołu baletowego i jakie ruchy mają wykonać. Niekoniecznie musi być to sucha słowna instrukcja — na rys. 23 komputer sugeruje kolejne ruchy baletnicy (na jej postać składa się około 20 elips).

Podobnie do kieszonkowych tłumaczy i miniszachów

na układach scalonych powstają obecnie również podręczne maszyny do zabaw muzycznych. Taki minikomputerowy zestaw dla dzieci w wieku 12—14 lat wyprodukowała japońska firma Matsumita. Oprócz zwykłych komputerowych bloków (mikroprocesora i dwóch typów pamięci) urządzenie to ma pełen komplet układów elektronicznych, potrzebnych do tworzenia muzyki (multiwibratory, wzmacniacz akustyczny, blok sterowania). Zestaw potrafi przechować każdą sekwencję dźwięków, którą dziecko wprowadza w postaci cyfrowej za pośrednictwem klawiatury. W jego pamięci mieści się 127 nut, a rejestrować można dźwięki i pauzy trwające od 1/256 do pełnego interwału. Oczywiście, przy odtwarzaniu możliwa jest dowolna regulacja siły głosu i szybkości.

Na zakończenie chciałbym przytoczyć nieco uwag, jakie umieścili widzowie w księdze pamiątkowej, wyłożonej podczas jednej z wystaw sztuki komputerowej: „Sztuka nie jest logiczna ani matematyczna, nie da się jej też sprowadzić do algorytmów, dlatego to nie jest sztuka”; „Twórcze możliwości komputerów są nieograniczone”; „Daliśmy się usidlić maszynom”; „To jest abstrakcja”; „To jest uniwersalne”; „Dzięki komputerom odkryłem swoją wewnętrzną wyobraźnię twórczą”; „To jest mało twórcze”; „To jest twórcze”; „To jest sztuka użytkowa, nie mylić ze sztukami pięknymi”; „To są właśnie sztuki piękne”; „Oto nadchodzi automatyczny artysta”; „Oto upadek ludzkiej sztuki”; „Czy możesz z czystym sumieniem podpisać się pod tym, jako pod własnym dziełem sztuki?”; „To jest słabe”; „Vive la machine!”.

Chyba wystarczy.

Serce i rozum

W jednym z popularnych miesięczników przeczytałem niedawno, ile to prac potrafią mądre maszyny wykonać za człowieka. Z wyliczanki, która zajmuje całą stronę, wynika, że mogą one: telegrafować 1250 słów na minutę, obsługiwać bary, piec pierogi (mowa, naturalnie, o maszynie radzieckiej), czytać łacinę (umiejętność nie w Watykanie bynajmniej nabyta, lecz na Litwie), wyładowywać wagony, robić zastrzyki, sprzedawać znaczki. Rejestr ów dałoby się powiększyć o dziesiątki kolejnych kartek i choć żadna z czynności, budzących naiwny entuzjazm dziennikarza, nie przedstawia się nazbyt imponująco, zebrane razem na jednej liście uświadamiają nam, jak głęboko zakorzeniły się w naszej codzienności urządzenia stworzone przez współczesną cywilizację.

Ich działanie oraz budowa coraz częściej nasuwają porównania do istot żywych. Aby zgodnie z nimi współpracować, człowiek musi przekazać im wiele cech własnych, z drugiej zaś strony przystosowuje się niejako do ich specyfiki. Dzięki maszynom, które nauczył odtwarzania swoich myśli i uczuć, łatwiej mu poznawać samego siebie. Brali to już pod uwagę badacze inicjujący tego typu eksperymenty. „Twierdzenie, że człowiek myśląc przejawia celową działalność kierowaną przez

mechanizmy sprzężenia zwrotnego, działające w układzie nerwowym, jest czymś więcej niż tylko hipotezą cybernetyczną — pisał w 1953 roku autor angielskiej książki o cybernetyce, Polak z pochodzenia, Władysław Sluckin. — Analogia do maszyny wykonującej zadanie rozwiązywane przez ludzi w procesie myślenia służy za model tego, co człowiek robi, gdy mówi się o nim, że myśli. Użycie tego modelu ma uzupełnić nasze rozważania o psychice ludzkiej, podnieść je na wyższy poziom, a może i skorygować”.

Maszyny umożliwiły także rozwiązanie wielu zagadek Wszechświata. „Nie ma żadnego powodu, abyśmy mieli wątpić w realność tego, co mówią nam komputery o losach gwiazd, aczkolwiek wielu udzielanych nam przez nie odpowiedzi nie potrafimy jeszcze naprawdę zrozumieć przy obecnym stanie naszej wiedzy” — pisał znany autor książek o historii kosmosu, Hoimar von Ditfurth.

Może to właśnie „obecny stan naszej wiedzy”, czyli jej ograniczenie, wywołuje uczucie nie tajonej niechęci, z jaką patrzymy na maszynę pchającą się bezceremonialnie w domeny podległe dotychczas człowiekowi. Przedstawicielom naszego gatunku trudno zrezygnować z hodowanego pieczołowicie od wieków przekonania o własnej doskonałości. Kilkaset lat trwało oswojenie się z myślą, że planeta, na której egzystujemy, nie jest pępkiem Wszechświata i że powstałe tu warunki bytu nie są optymalne, skoro na przykład zmniejszenie zawartości tlenu w atmosferze przyczyniłoby się do bardziej dynamicznego rozwoju życia na Ziemi. Wydaje się jednak, że teraz, za sprawą myślących maszyn, o wiele szybciej pozbędziemy się pychy, z jaką upieramy się przy tezie o wyjątkowości ludzkiego intelektu.

Pozbędziemy się pychy, ale wraz z nią krzepiących złudzeń. Stanie się to z pewnością wówczas, kiedy ma-

szyny wejda w zaczarowany, pilnie przez nas strzeżony krąg — w sferę uczuć. „Serce ma swoje racje, których rozum nie zna”. W czasach, gdy komputery pełnią rolę swatów na usługach biur matrymonialnych (ale też walczą z bigamią), bodaj cień zwątpienia w słuszność tej sentencji pograży nas niechybnie w melancholii. Być może odstąpimy wtedy od dalszych badań nad komputerową inteligencją z tych samych względów, które skłaniają nas do zakładania rezerwatów przyrody. Kto wie, czy sami naukowcy nie wystąpią z postulatem: stwórzmy rezerwat uczuć. Wybitny fizyk, Paul Dirac, gdy poproszono go o opinię na temat pewnej świeżo odkrytej teorii, wyraził tę ideę w słowach: „Nie chciałbym, aby ta teoria była prawdziwa, bo nie potrafię uwierzyć, że przyroda może być tak szpetna”.

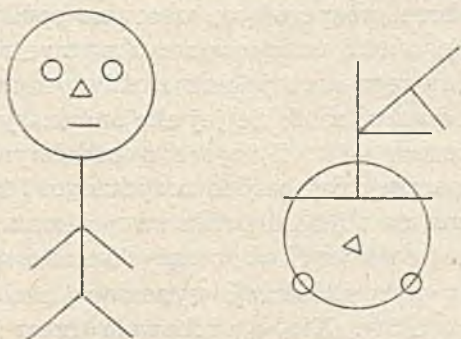
Mało więc przemawia za tym, że spełnią się przepowiednie straszące nas w literaturze fantastyczno-naukowej. Dla spokoju sumienia przytoczę jedną z tych, które wywarły na mnie największe wrażenie. Jest to fragment opowiadania, w którym bohater odbiera telefon przekazujący mu wynik komputerowego testu, jakim tego dnia poddany został jego syn: „Tu Komisja Rządowa do Spraw Oświaty. Pański syn, Richard M. Jordan, numer klasyfikacyjny 600/115, zakończył egzamin. Z żalem musimy poinformować pana, że wskaźnik inteligencji pańskiego syna przekroczył dopuszczalną wielkość, jaką określa punkt 5 paragrafu 84 Nowego Kodeksu... Proszę zdecydować — brzęczał dalej głos w słuchawce — czy życzą sobie państwo odebrać ciało, czy mamy sami załatwić pogrzeb”.

W dziejach informatyki nie są znane na szczęście przypadki, by maszyna z własnej inicjatywy spowodowała czyjąś śmierć (fot. 28). Zdarzają się jednak sytuacje, gdy komputery popełniają faktyczne samobójstwa, to znaczy same sobie wymazują wszystkie dane zgromadzone uprzednio w pamięci.

Przez długie lata potencjalne niebezpieczeństwa grożące ze strony komputera zbywano powiedzeniem: „Nie ma strachu, zawsze przecież możemy wyciągnąć wtyczkę z gniazdka”. Ale nie wszystkie współczesne maszyny dadzą się już tak łatwo ujarzmić. Bezsensowne jest oczywiście zastanawianie się nad mrozącymi krew w żyłach wizjami literackimi, ale nie jest też roztropnie bagatelizować ryzyko, jakim grozi niewłaściwe stosowanie maszyn. Do paru informacji z rozdziału o komputerowych przestępstwach należałoby tu dodać zagrożenie naszego bezpieczeństwa, gdy ktoś niepowołany uzyska dostęp do wiadomości przechowywanych w bankach danych.

„Komputery i cybernetyka są bronią obosieczną — stwierdził przed wieloma laty Norbert Wiener. — Mogą być użyte dla dobra ludzkości, ale tylko wówczas, gdy ludzkość dotrwa do czasów, w których będzie możliwe pełne spożytkowanie ich zalet. Mogą być też użyte do zniszczenia ludzkości, i jeżeli nie wykorzystamy ich mądrze, istnieje niebezpieczeństwo, że posuniemy się w tym kierunku zbyt daleko”.

Wiele kłopotu mogą także przysporzyć błędy maszyn. Mylą się one wprawdzie znacznie rzadziej niż ludzie,



Rys. 24

ale, niestety, od czasu do czasu popełniają rażące błędy. Błędy te zresztą prowadzą niekiedy do znacznie ciekawszych propozycji niż nieomyłne działanie — oto na przykład program napisany w języku LOGO (opracowanym dla dzieci do zabaw z komputerem) wskutek drobnego błędu zmienił samowolnie rysunek człowieczka na bardziej interesującą z artystycznego punktu widzenia propozycję (rys. 24).

A jednak gazety, i to nie tylko u nas, zasypywane są listami od obywateli, którzy zżymają się na absurdy w komputerowych rachunkach za elektryczność i telefon. Pewien chłopiec z Arizony, chory na zapalenie płuc, przebywał parę dni w szpitalu, po czym otrzymał wezwanie do zapłacenia sumy kilkakrotnie większej za pobyt na wydziale położniczym, gdzie — jak to sprecyzowała maszyna — urodził zdrową córeczkę. Pracownika firmy budowlanej z tygodniową gażą 150 dolarów zadziwił czek na 1500 dolarów, ale bez wahania pieniądze zainkasował. Znany dziennikarz postanowił skorzystać z systemu komputerowego kolportażu i zamówił dla znajomych czasopismo, w którym stale się produkował. Efekt: co tydzień dostawał po kilkadziesiąt egzemplarzy pisma, a znajomi byli nie mniej regularnie uszczęśliwiani rachunkami za prenumeratę. Dobrze prosperująca, szacowna spółka handlowa rozsyłała swoim udziałowcom okresowe raporty finansowe, pewnego razu jednak złośliwy komputer postanowił podważyć zaufanie jej akcjonariuszy i zamiast podpisu prezesa wstawił wyraz o podobnym brzmieniu, lecz znaczący coś bardzo brzydkiego. Starsza wytworna dama po zlikwidowaniu swego konta w banku otrzymała od maszyny nakaz natychmiastowego wpłacenia kwoty wyrównawczej, wynoszącej zero dolarów, zero zero centów. Kiedy próbowała rzecz wyjaśnić, maszyna nadesłała jej kolejny monit i przypomnienie o karach umownych... Trudna rada — trzeba było

udobruchać komputer czekiem na zero dolarów, zero zero centów.

Pomyłki komputerów wynikają przeważnie z pomyłek ludzi — z niedoskonałości współczesnych rozwiązań technicznych, z niezbyt starannego wykonania sprzętu albo z luk w oprogramowaniu, które nie uwzględnia różnych sytuacji szczególnych. Czasem wydaje się, że najdrobniejszy detal został przewidziany, a tu nagle maszyna robi coś całkiem na opak. Zdarzyło się to na jednej z krajowych uczelni wyższych. Wiele lat temu zdecydowano tam, że maszyna cyfrowa weźmie na swoje barki selekcję kandydatów na wydział. Opracowano odpowiednie programy, zakodowano nazwiska zdających i ich parametry. Komisje egzaminacyjne miały tylko do czynienia z numerami i punktami — niesprawiedliwe oceny bądź protekcje zostały więc wyeliminowane. Komputer ochnocho zabrał się do roboty i w parę godzin później przygotował listy świeżo upieczonych studentów. Tuż przed wywieszeniem ich na tablicy ogłoszeń któryś z asystentów przejrzał komputerowe wydruki zaskoczony dziwną prawidłowością: przeważały nazwiska i imiona wielosylabowe. Zbieg okoliczności? Czy może liczba liter w nazwisku związana jest z ilością wtłoczonej do głowy wiedzy? Na wszelki wypadek zarządzono kontrolę i okazało się, że komputer dorzucał kandydatom po jednym punkcie za każde pięć liter imienia i nazwiska. Działał jednak prawidłowo i programy były dobrze napisane. Nikt przecież nie mógł przewidzieć, że w pewnych warunkach, które tu właśnie zostały przypadkiem spełnione, struktura maszyny umożliwia jej samoistne wykonywanie dodatkowej operacji. Pracownicy pechowego wydziału przez pół nocy zmieniali ręcznie wyniki i modyfikowali program. Za to już w roku następnym bez reszty mogli zaufać maszynie.

Oprócz żartów przypadkowych są też dowcipy za-

programowane, które jednak przeważnie świadczą o kiepskim guście programistów i rzadko spełniają wyznaczoną im rolę rozrywkowych przerywników w czasie długich godzin obsługi maszyny. Oto facecje, którymi chciał mnie kiedyś rozbawić komputer CDC Cyber 73; „Chirurg, architekt i programista sprzeczą się, który z nich jest przedstawicielem najstarszego zawodu świata. Chirurg: Ewa powstała z żebra Adama, więc w pobliżu musiał być lekarz. Architekt: Zanim stworzono Adama i Ewę, świat pogrążony był w chaosie; ktoś go musiał skonstruować. Programista: A zgadnijcie, kto stworzył chaos?”

Lepszy był chyba żart złośliwy: KOMPILER NIGDY SIĘ NIE MYLI, NIE ROBI BŁĘDÓW I NIE ZAPĘTLA SIĘ — obwieścił napis na ekranie końcówki i dalej ani rusz — każda próba zmiany tematu wprowadzała mnie w pętlę, a maszyna z uporem powracała do tego napisu. Ostatecznie musiałem wyłączyć na chwilę końcówkę z sieci.

Byłoby naiwnością oczekiwać, że najbardziej nawet przemyślnie komputery, zdolne do prowadzenia z człowiekiem bezpośredniej konwersacji w języku naturalnym, odpowiedzą na pytania, których my sami nie umiemy rozwikłać. Nieprzypadkowo budynki i wydawnictwa firmowe komputerowego koncernu-giganta IBM zdobi hasło: „THINK!” — myśl! Oczywiście, maszyny potrafią gromadzić więcej wiadomości i szybciej je analizować, jest to jednak kwestia nie „jak”, lecz „ile”, trudno bowiem przypuszczać, by urządzenia te wniosły coś nowego do metod, jakimi posługuje się ludzki umysł przy rozstrzyganiu problemów. Komputer, który otrzymuje byle jakie dane, może tylko zwiększyć spowodowany przez nie bałagan. „Garbage in — garbage out”, czyli „śmiecie na wejściu — śmiecie na wyjściu komputera”, zgodnie z krążącym wśród informatyków powiedzonkiem.

Człowiek nie tylko zapamiętuje fakty — zdaje on sobie również sprawę z możliwości ich wielorakich, nieraz nader subtelnych interpretacji. Jeśli ktoś nam mówi, że chociaż zepsuł mu się samochód, jedzie w niedzielę rano do Krakowa, to wiemy, że odbędzie podróż koleją. Komputer natomiast, nawet dysponując zdobytą wcześniej przy innej okazji informacją, że krajowy LOT jest w niedzielę nieczynny, nie będzie miał żadnych podstaw, by te dwa fakty skojarzyć. Gdybyśmy mu zdołali przekazać pełną wiedzę o rzeczywistości, i tak zagubi się w niuansach i wieloznacznościach. Dlatego użycie komputera, choć możliwe, jest często nieopłacalne. Zbyt dużo wysiłku kosztuje zebranie danych, napisanie programu, nie mówiąc już o kwestii wydzierżawienia maszyny. Jeśli ponadto efekt tych zabiegów przydaje się tylko raz, to znacznie prościej zrobić wszystko samemu. Toteż jako żart należy rozumieć wypowiedź krytyka, Macieja Parowskiego, który podczas naszej rozmowy na temat pisania książek z pomocą maszyny zaproponował, abym sam tę metodę wypróbował: „To byłaby najlepsza reklama — książka o komputerach napisana z pomocą komputera”.

Pomimo intelektualnych niedostatków dzisiejszych maszyn człowiek nie może sobie pozwolić na ich lekceważenie w żadnej dziedzinie swojej aktywności. Kiedy zdano sobie sprawę, ilu rzeczy maszyna może się nauczyć i kiedy zarysował się wyraźnie zapowiadający się stąd na przyszłość profit — było to niczym odkrycie nowego kontynentu. Im kto sprytniejszy i mocniejszy, tym szybciej rezerwował dla siebie kawałek gruntu. Na nowym lądzie komputerowym rozrosły się kolonie różnych gałęzi przemysłu, administracji, medycyny, oświaty, sztuki. Nikt nie zwleka, bo widzi, jak wielkie dochody przynosi posiadanie byle działki...

Akcja jednak równa się reakcji. Za udział w pracach na rzecz rozmaitych dyscyplin maszyny też wy-

muszają na nich zmiany. Jeśli nie oblicze, że przynajmniej wyraz twarzy naszej cywilizacji jest już nieco inny. Wiadomo, że odkrycia naukowe i techniczne (druk, broń palna, maszyna parowa) przeobrażały w ten czy inny sposób świat, z wąsko pojętą kulturą łącznie. Na początku XX wieku ujawniono związek między narodzinami kubizmu a powstaniem w tym samym 1905 roku szczególnej teorii względności. „Jak to jest możliwe, że matematyka, wytwór ludzkiej myśli niezależny od doświadczenia, daje się tak wspaniale dopasować do problemów rzeczywistości?” — zastanawiał się Albert Einstein.

Już dzisiaj są widoczne w naszym społeczeństwie pierwsze objawy tych zmian, i w miarę upływu czasu zaczną się coraz silniej uwydatniać, choć charakteru ich niepodobna określić z uwagi na brak historycznego precedensu. Co, na przykład, będzie wtedy, gdy komputery staną się towarzyszami człowieka od wczesnych lat dziecińczych? To wcale nie tak odległa perspektywa: końcówki edukacyjne w przedszkolach, nauka programowania podjęta równoległe z nauką pisanania... potem nieprzerwany kontakt z komputerami domowymi bądź biurowymi, które będą podłączone do światowej sieci dzięki systemowi łączności satelitarnej. A w finale — skomputeryzowany cmentarz. Jako umiarkowany entuzjasta czarnego humoru przypadkowo znalazłem w amerykańskim czasopiśmie informatycznym to ostatnie zastosowanie maszyn. Ogłasza się tam firma oferująca nagrobki sterowane miniprocessorem, który umożliwia odczytanie życiorysu zmarłego lub wyświetlanie drzewa genealogicznego. Ale to nie wszystko: zasilane bateriami słonecznymi urządzenie „recytuje testament, rozpyła zapach kadzidła, celebkuje mszę, zrasza trawę wodą deszczową — trwałość zagwarantowana na okres życia jednego pokolenia”.

W klubach amatorów, specjalizujących się w kon-

struowaniu inteligentnych maszyn, większość stanowi młodzież (fot. 29). Sieć sklepów w USA zapewnia im wszystkie elektroniczne i mechaniczne elementy potrzebne do budowy najbardziej wymyślnych maszyn. Kierownik jednego z takich sklepów (który sprzedaje miesięcznie kilkanaście minikomputerów po 3 tysiące dolarów za sztukę), stwierdził w wywiadzie dla prasy: „Uczniowie przychodzą do nas po lekcjach i przesiadają długie godziny jak kiedyś w sklepach ze słodyczami lub w barach mlecznych. Nie siedzą beczynn timer; dla zabawy zaprojektowali nam całe programy nadające się dla prawdziwych maszyn”. Zainteresowanie dzieci pobudziło ciekawość rodziców, wielu zapragnęło więc doksztalić się w tym przedmiocie, co ułatwiły im niektóre wyższe uczelnie otwierając wieczorowe kursy programowania dla amatorów. Niedawno obliczono, że w USA więcej osób uczy się języka programowania BASIC niż francuskiego.

„Chcemy być dobrze przygotowani do tego, co nas czeka — oświadczył słuchacz kursów, z zawodu historyk sztuki. — Przypuszczam, że w końcu bieżącego stulecia obecność maszyn wśród nas będzie faktem dokonanym. Czy nie powinniśmy już teraz przyzwyczajać się do współżycia z maszyną, skoro chcemy nad nią niepodzielnie panować? Te stworzone przez nas urządzenia trzeba by otoczyć opieką, rozmawiać z nimi i rozwijać ich «umysł», który dorównuje już niemal najtęższemu ludzkim mózgom”.

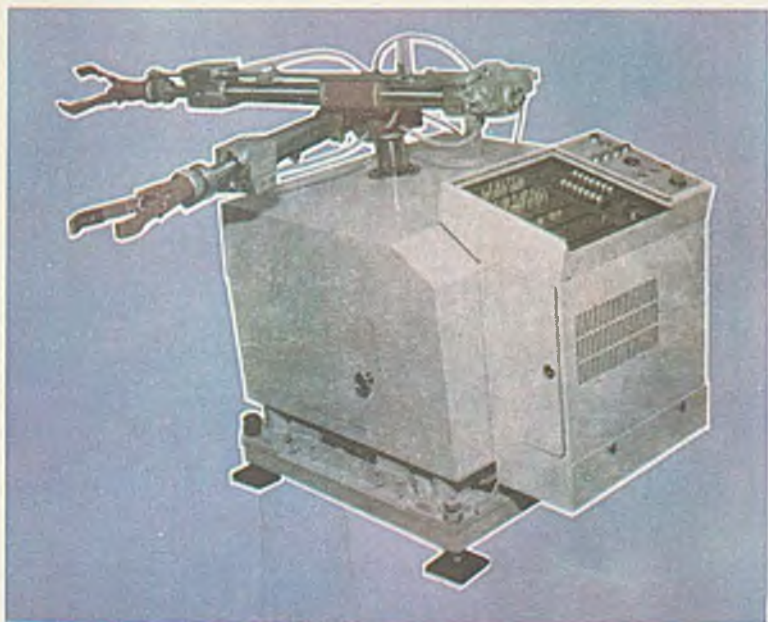
Czerwiec 1979 r.



Spis rzeczy

I Dusza maszyny	5
II Ręka w rękę	15
III Szkiełko i oko	23
IV Prysły zmysły	44
V Szare komórki do wynajęcia	54
VI Spokojna głowa	67
VII Mat — koniec programu	82
VIII Jestem człowiekiem mechanicznym	94
IX Na chorobowym	110
X Docent nie mianowany	126
XI Do domu na wykład	139
XII Żywią i bronią	155
XIII Obiektywny obiektyw	172
XIV Po drugiej stronie lustra	182
XV Piąta synteza c-moll	197
XVI Serce i rozum	212





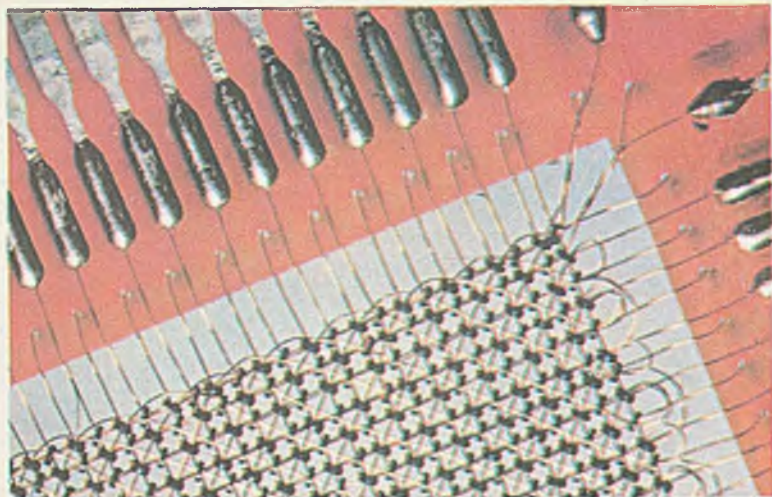
Fot. I. Sztuczna ręka skonstruowana w Instytucie Mechaniki Precyzyjnej



Fot. II. Komputerowy film animowany

Fot. III. Wskazując palcem na monitorze wybrany budynek, otrzymujemy na dużym ekranie jego obraz od frontu





Fot. IV. Fragment pamięci na rdzeniach ferrytowych



Fot. V. Stacje taśm magnetycznych ustawiono w tym ośrodku obliczeniowym wokół pulpitu operatorskiego dużego komputera



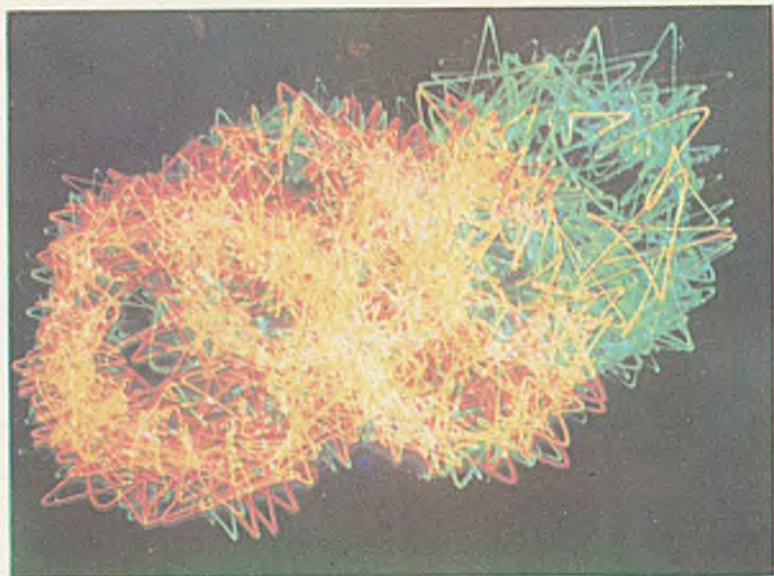
Fot. VI. Szpitalna recepcja wyposażona jest w komputerową końcówkę



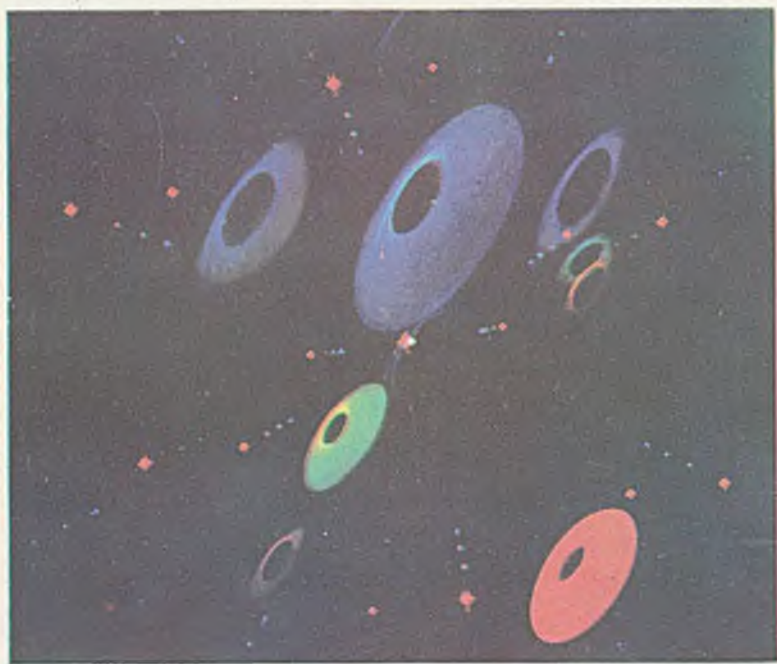
Fot. VII. Komputerowe urządzenia kreslarskie sporządzające szkice projektowanych budynków

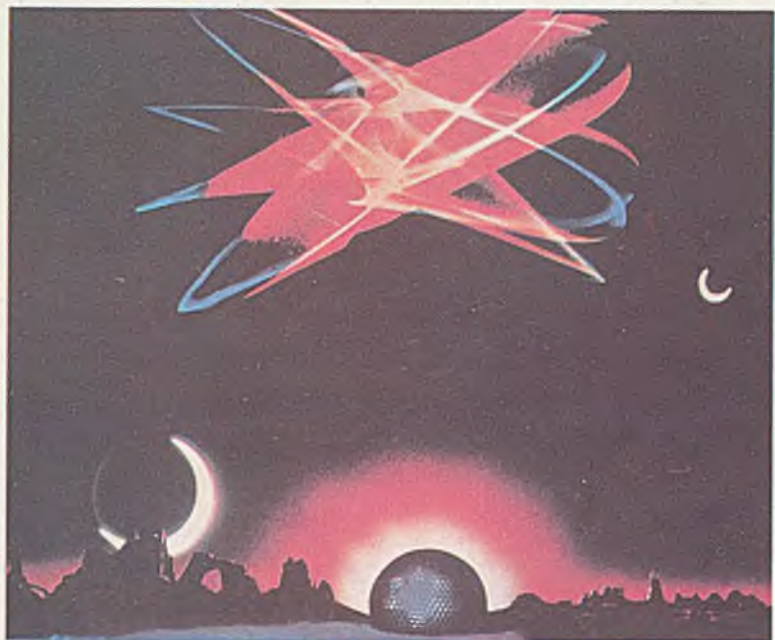
Fot. VIII. „Dopiero video daje szansę samoidentyfikacji”





Fot. IX. Dobrze zgrane z dźwiękiem wzory budzą ciekawe skojarzenia



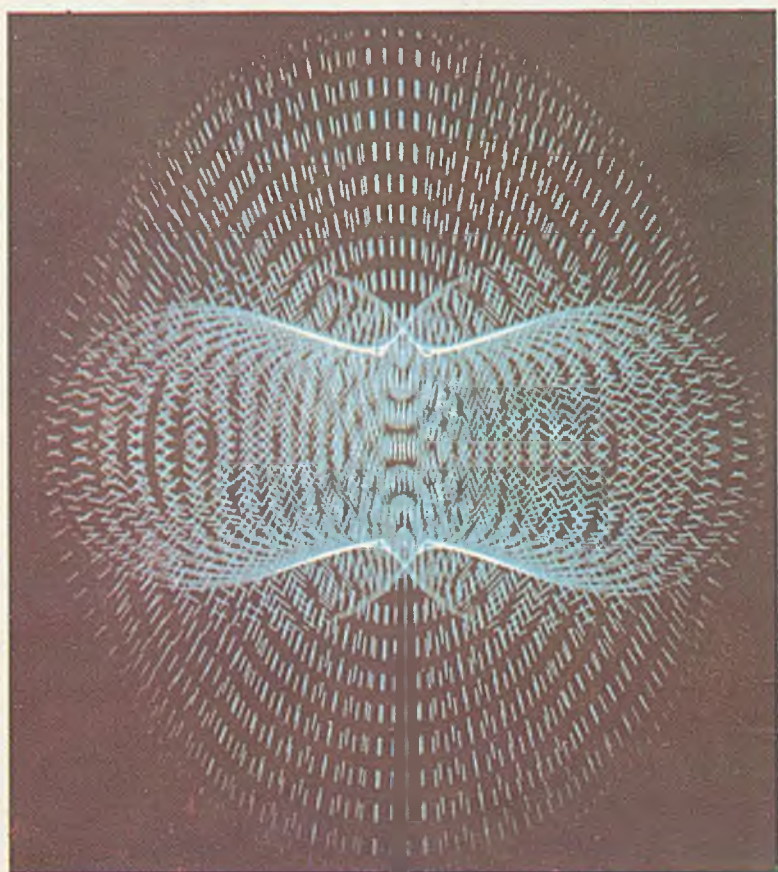


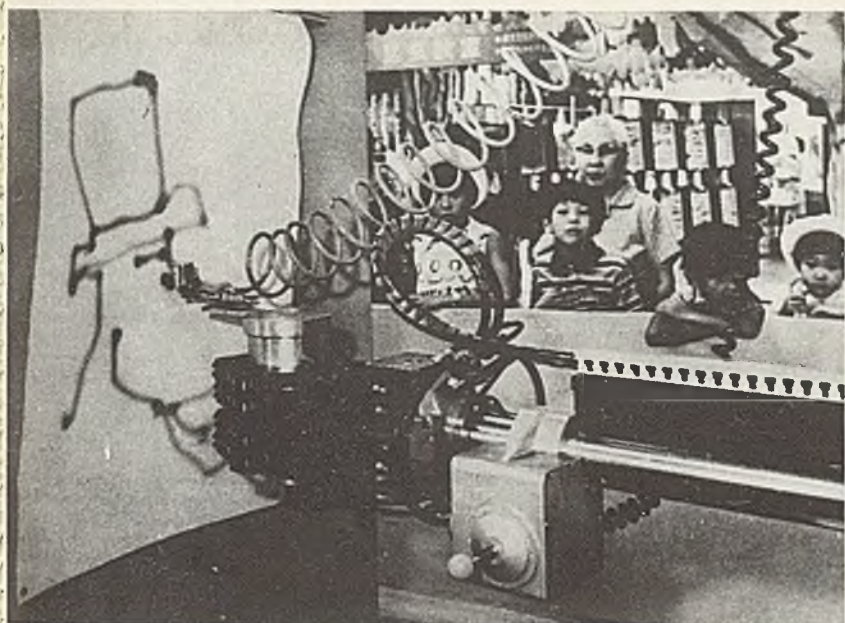
Fot. X. Najefektowniej wypadają pokazy laserowe na otwartej przestrzeni

Fot. XI. W nowojorskim muzeum holografii

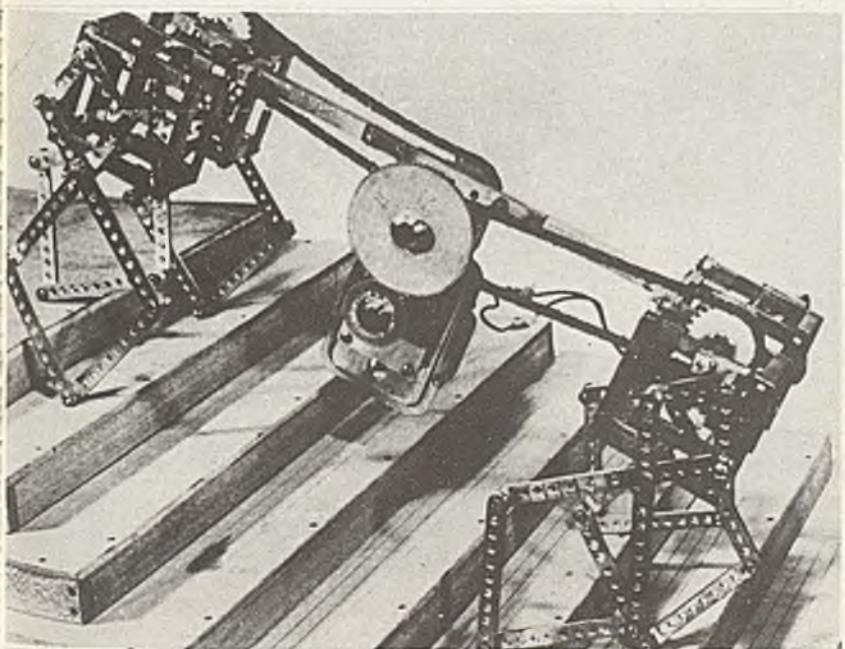


Fot. XII. Uzyskiwanie takich rysunków umożliwia system GRASS, uruchomiony na maszynie cyfrowej PDP-11/45

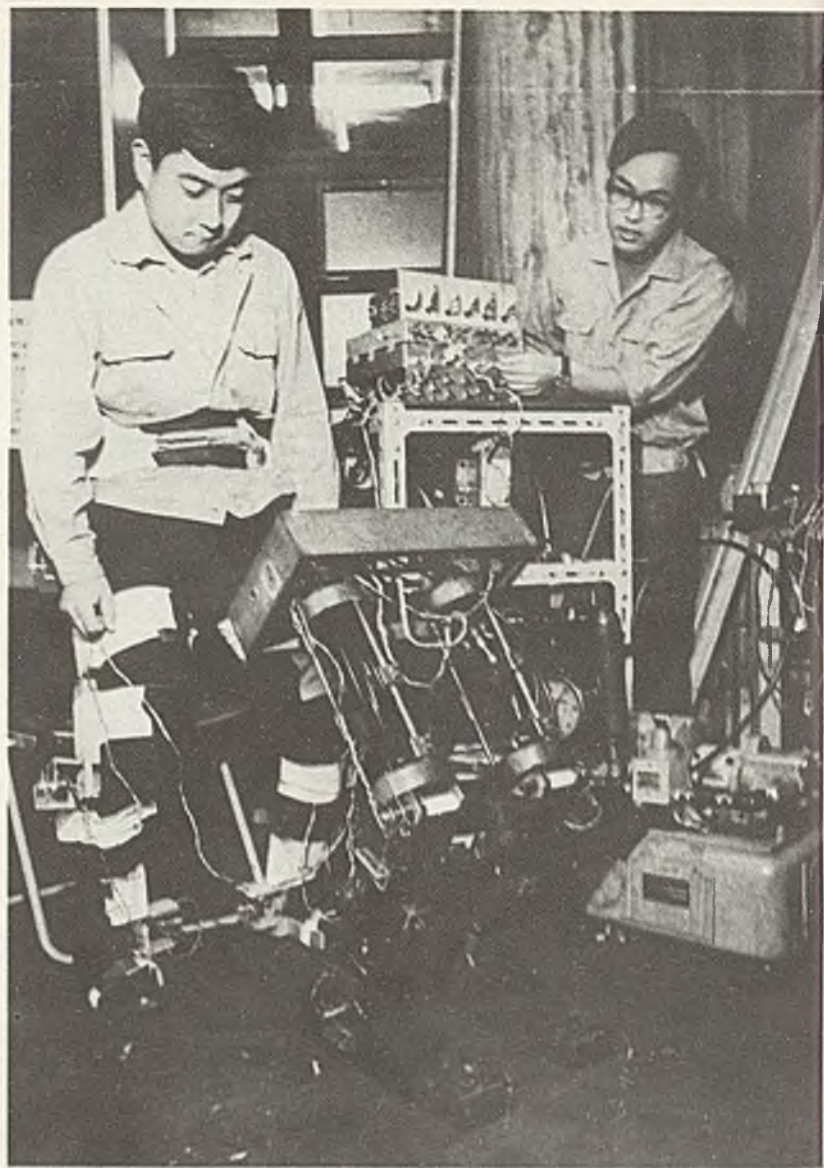




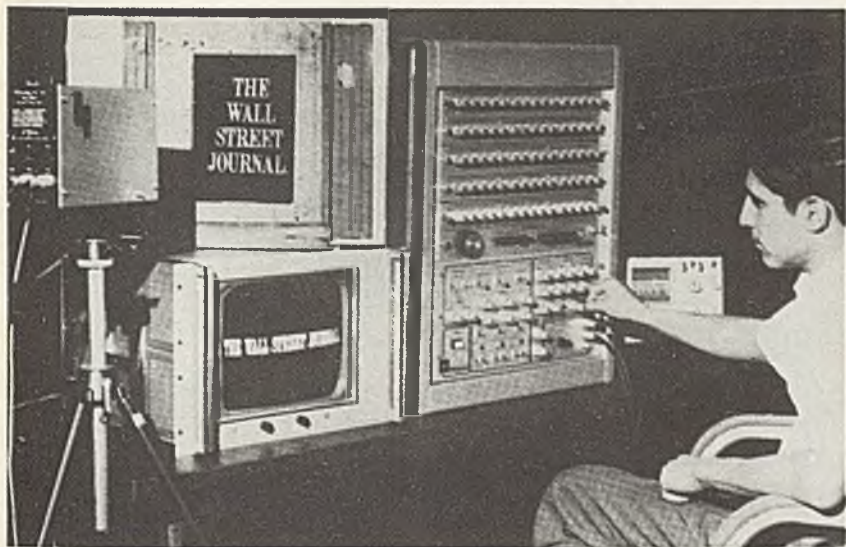
Fot. 1. Mechaniczna ręka dowodzi swych umiejętności w dziecięcych rysunkach



Fot. 2. Zwyczajne zejście ze schodów wymaga aż tak skomplikowanej maszynierii



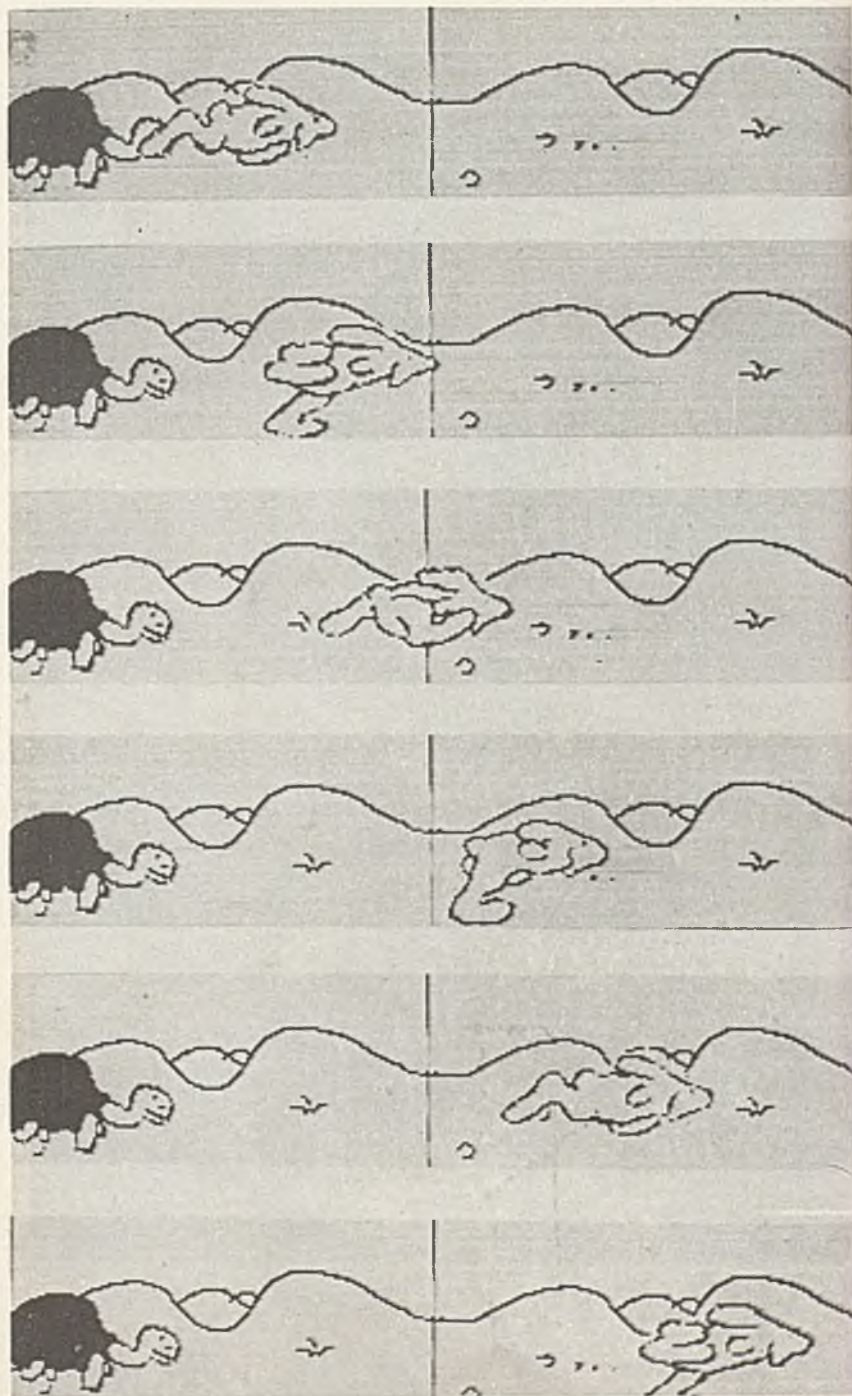
Fot. 3. Nogi z Waseda



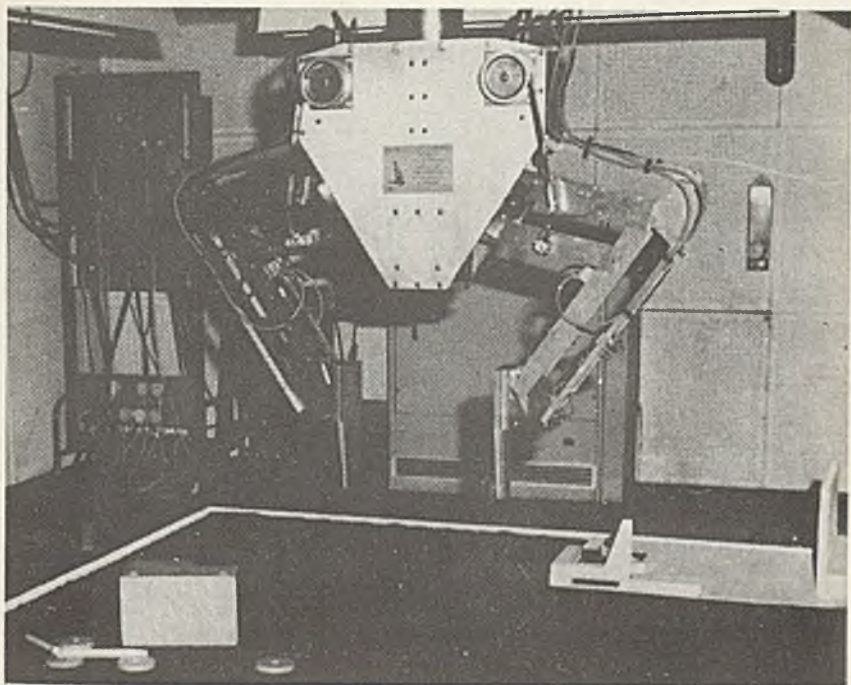
Fot. 6. Automatyczny system rozmieszczania drukowanego tekstu tym razem służy do rozplanowania tytułu gazety



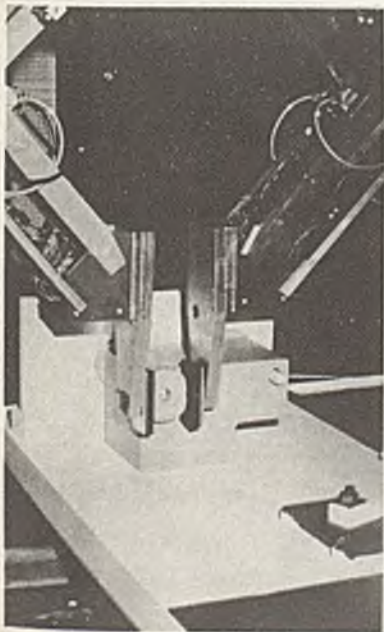
Fot. 7. Animowany obraz może być wyświetlany na ekranie monitora



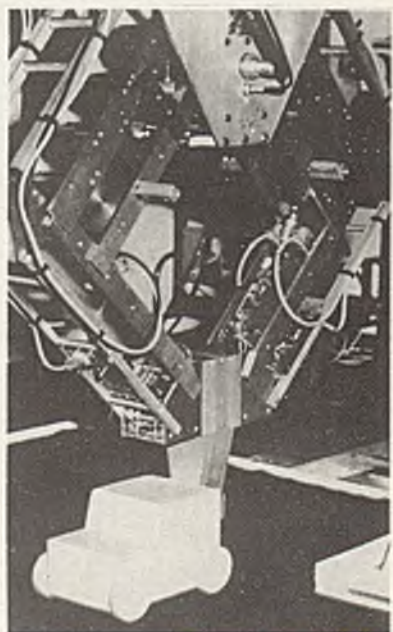
Fot. 8. Kadry z filmu animowanego, wykonanego przez komputer



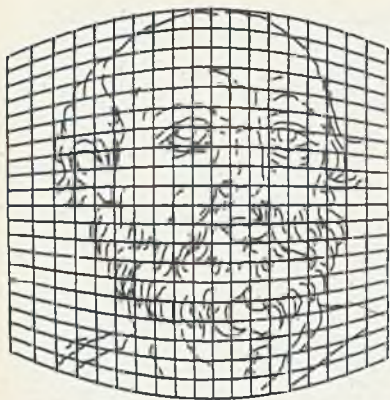
Fot. 4. W polu widzenia kamery edynburskiego „widzącego robota” o imieniu Mark umieszczono kilka elementów, które należy do siebie dopasować (a); ręce robota zabierają się do pracy... (b) i oto złożony z tych elementów samochodzik (c)



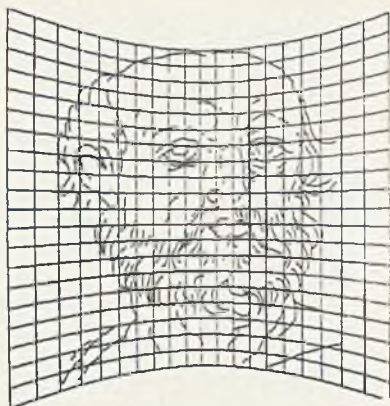
b



c

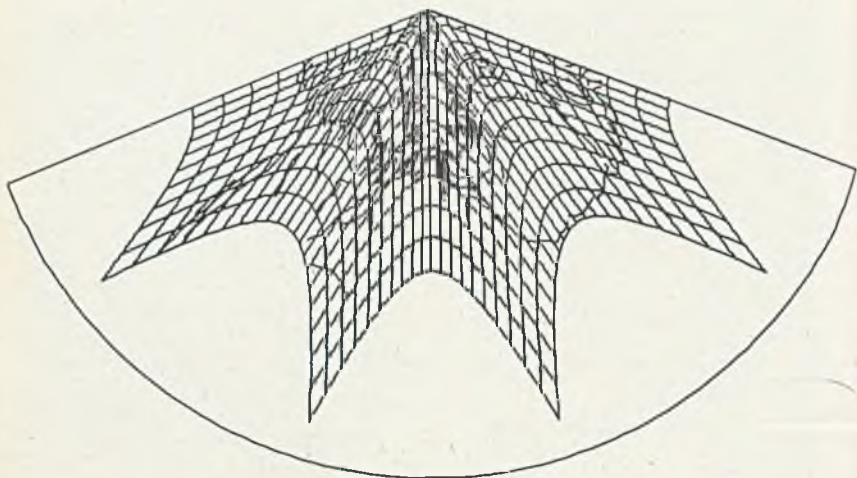


a

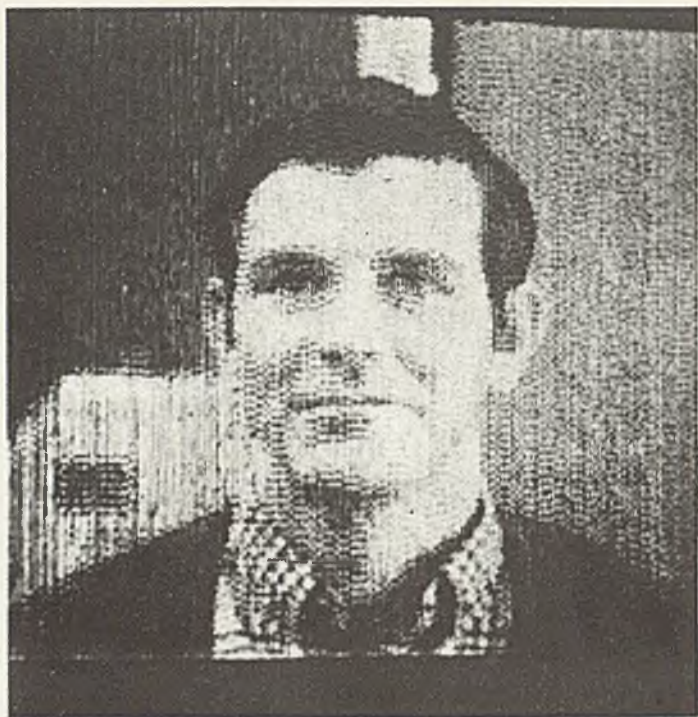


b

Fot. 5. Zadany obraz (a) komputer może przedstawić w innym układzie współrzędnych (b); we współrzędnych biegunowych (c) już bardzo trudno rozpoznać oryginał

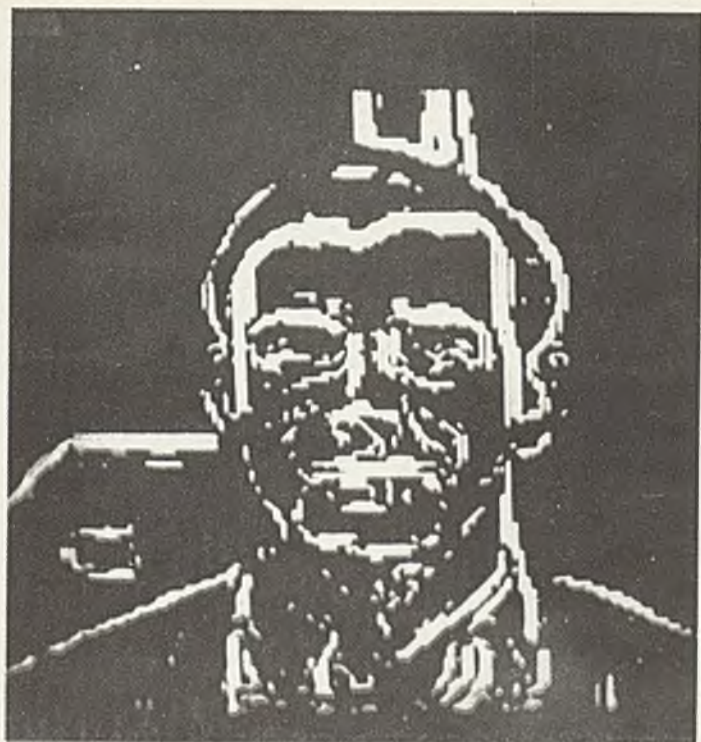


c

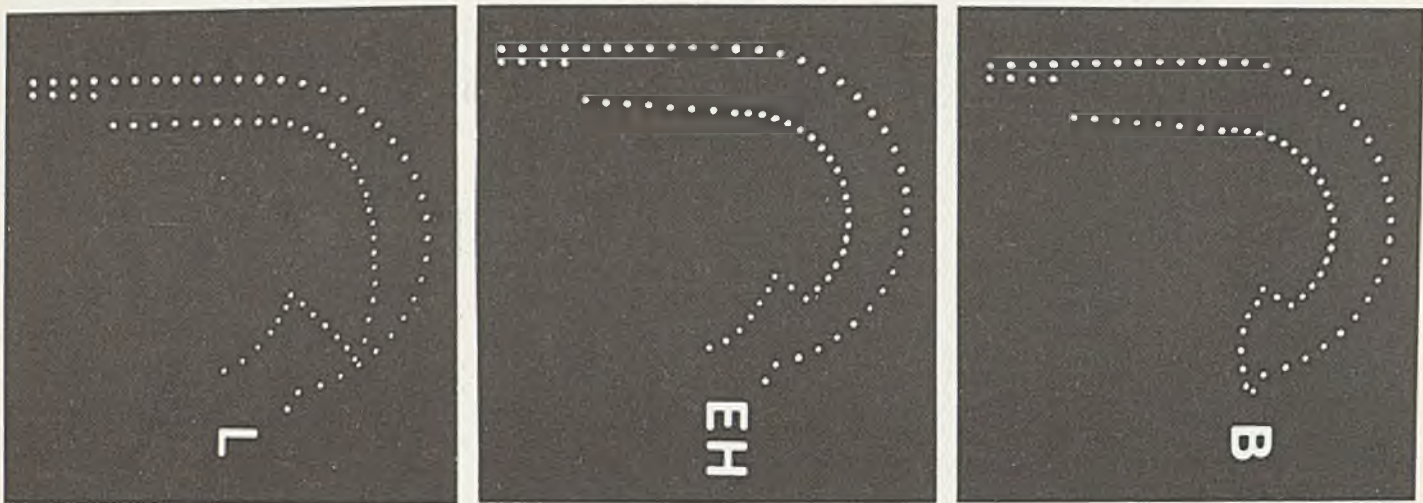


a





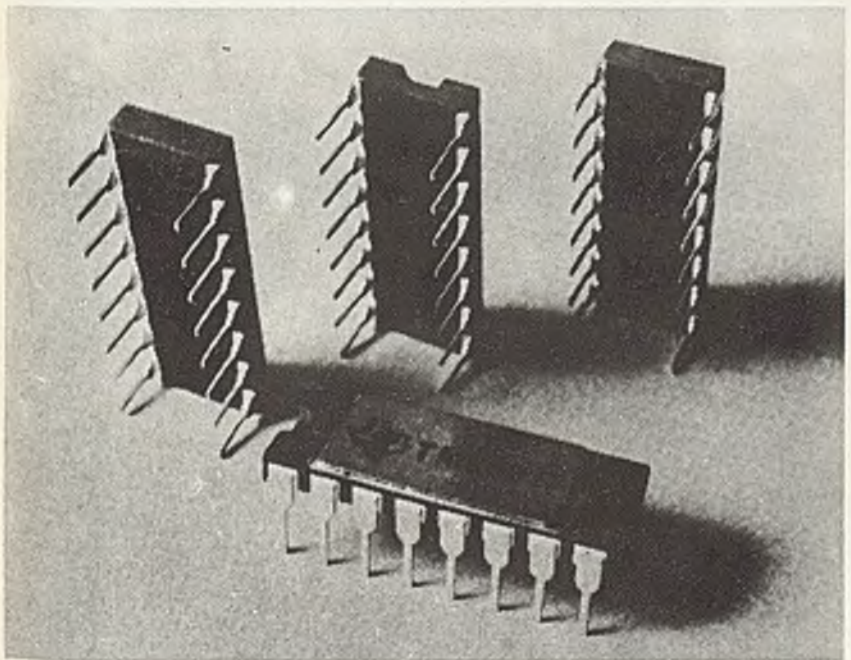
Fot. 10. Komputer analizując obraz z kamery telewizyjnej (a) usiłuje wychwycić zarys postaci (b), zmarszczki (c) i inne dane mogące się przydać do odtworzenia trójwymiarowego rysunku



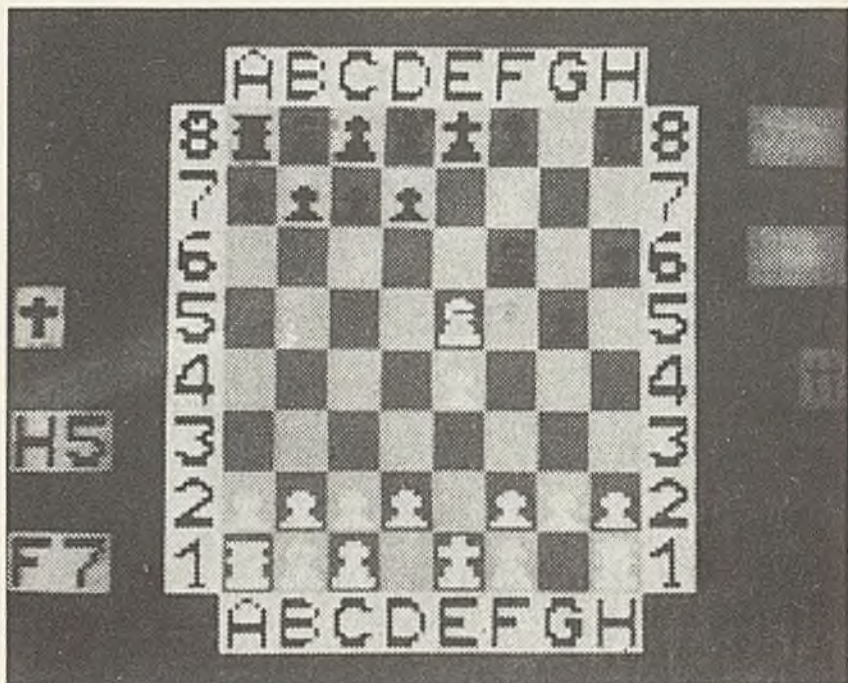
Fot. 11. Komputerowy model pokazuje na ekranie zachowanie się ludzkiego aparatu głosowego w trakcie wymawiania słowa BELL



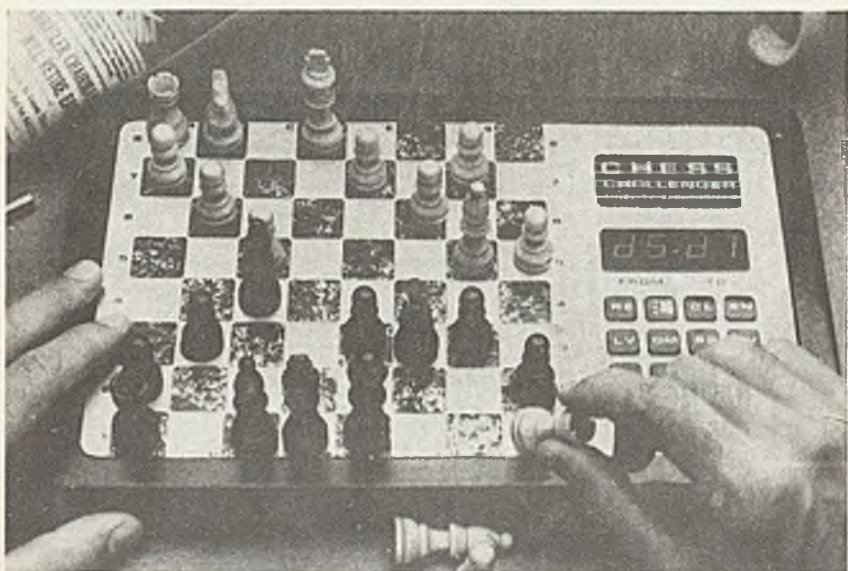
Fot. 12. Taśmy magnetyczne w archiwum ośrodka obliczeniowego
(fot. M. Holyński)



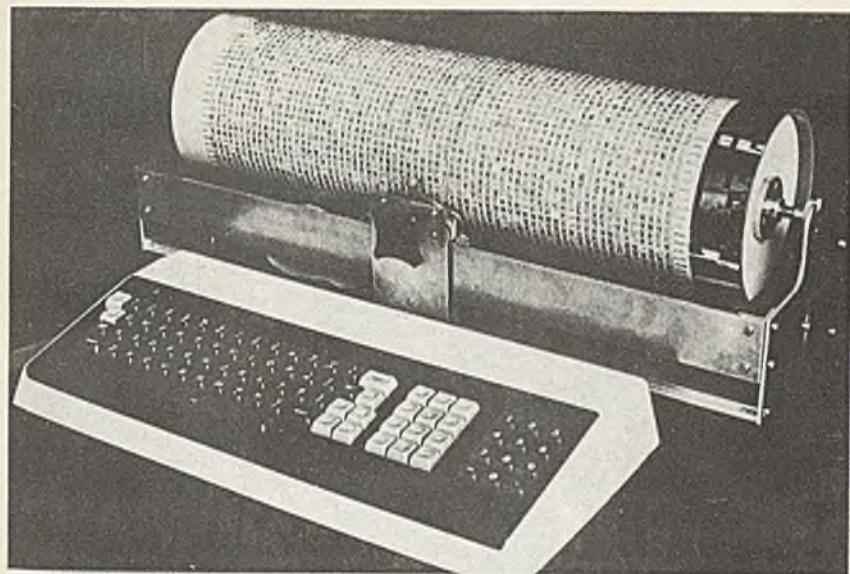
Fot. 13. Te cztery układy scalone mieszczą się w pudełku od zapalek, każdy z nich jednak potrafi zapamiętać 16 000 bitów informacji



Fot. 14. Sytuacja szachowa na ekranie komputerowej końcówki



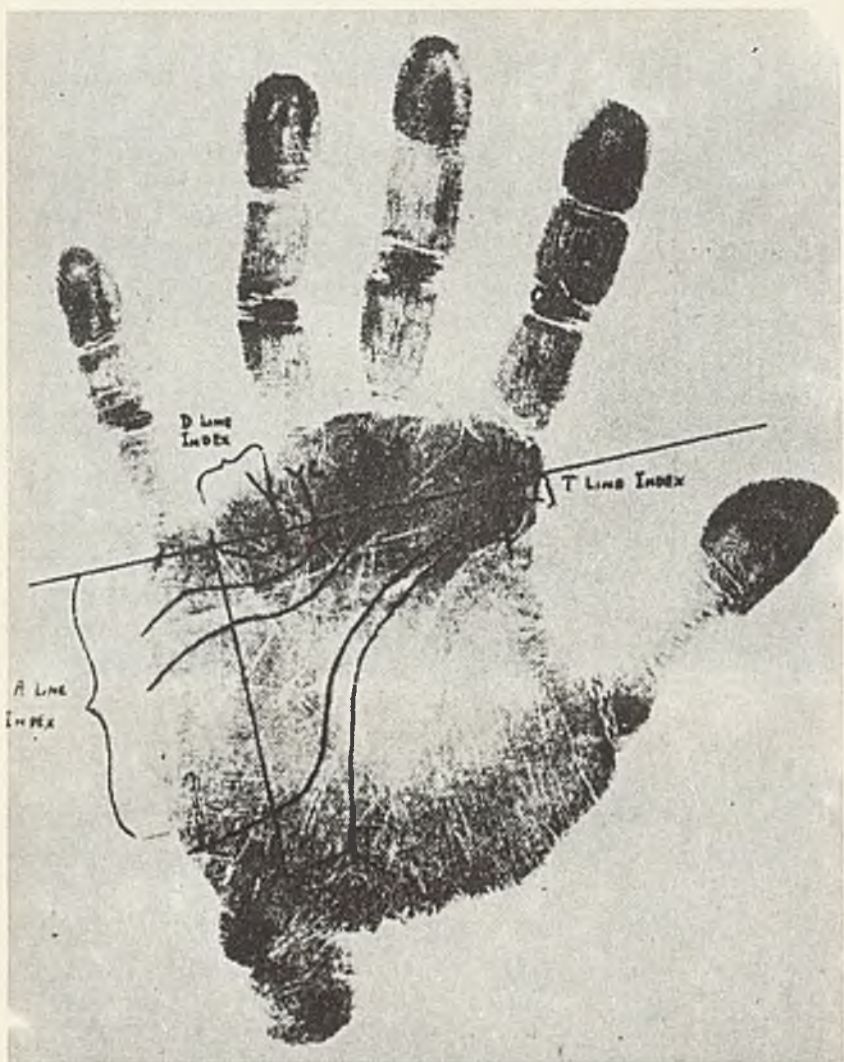
Fot. 15. Podręczny komputer do gry w szachy



Fot. 16. Dekoder do zapisywania łacińskiego alfabetu ideogramami chińskimi



Fot. 17. Komputerowi przedstawiono wzory kształtów chromosomów, co umożliwiła mu wyznajdywanie ich na zdjęciach mikroskopowych



Fot. 18. Komputer w roli Cyganki odczytuje z dłoni pacjenta rodzaj przebytych chorób





The boy walks to the tree

to

from

over

the



girl



dog



tree



cat



house



car



boy



rabbit

runs

walks

carries

jumps

ERASE

HELP available
Press BACK for Index

NEXT

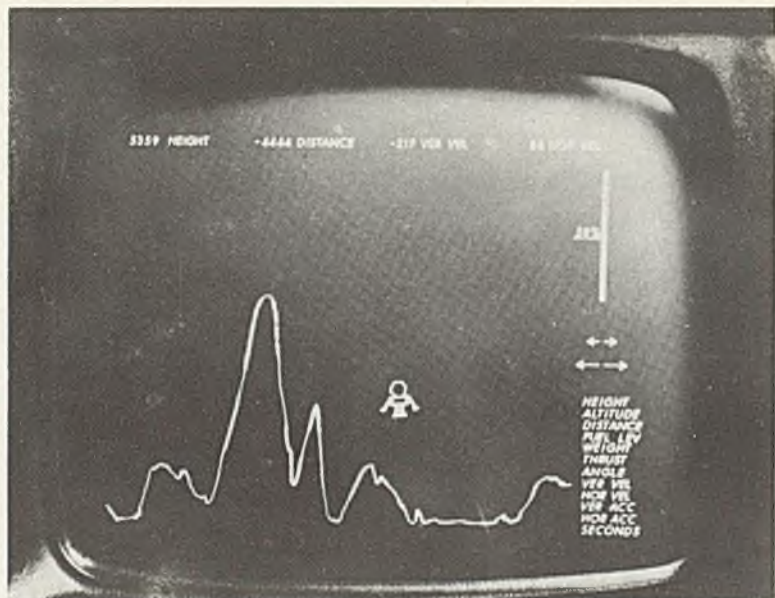
Fot. 19a. PLATO uczy gramatyki; dotykając prostokątów palcem budujemy zdanie: „Chłopiec idzie do drzewa”.



The tree carries the house over the girl

to	from	over	the
 girl	 dog	 tree	 cat
 house	 car	 boy	 rabbit
runs	walks	carries	jumps
ERASE	HELP Available Press BACK for Index		NEXT

Fot. 19b. Można również skonstruować zdanie nielogiczne, lecz poprawne gramatycznie: „Drzewo niesie dom nad dziewczynką”.



Fot. 20. Symulacja lądowania pojazdu kosmicznego na Księżycu

NEWSREPORT

The Red Sweater News Service 14.52.39 84/27/88 asFINPLA

145588 readers circulation
1 user today

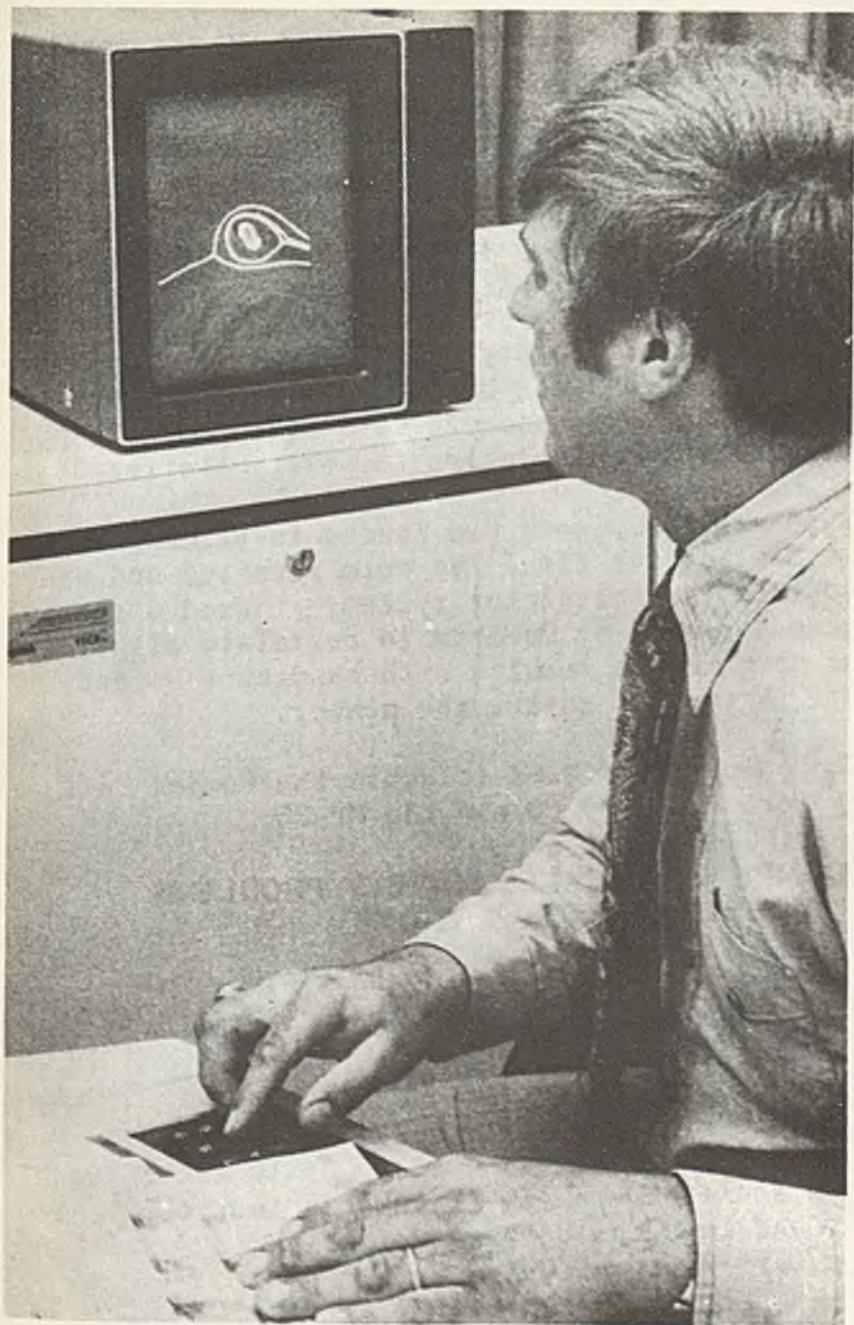
Welcome to the Minneapolis users.

CHOOSE AN INDEX:

- 0) Master Index
- 1) Articles
- 2) Letters
- 3) Features
- 4) Columns

➤

NEXT • master index
LMB • staff list



Fot. 22. Odczytywanie śladów linii papilarnych

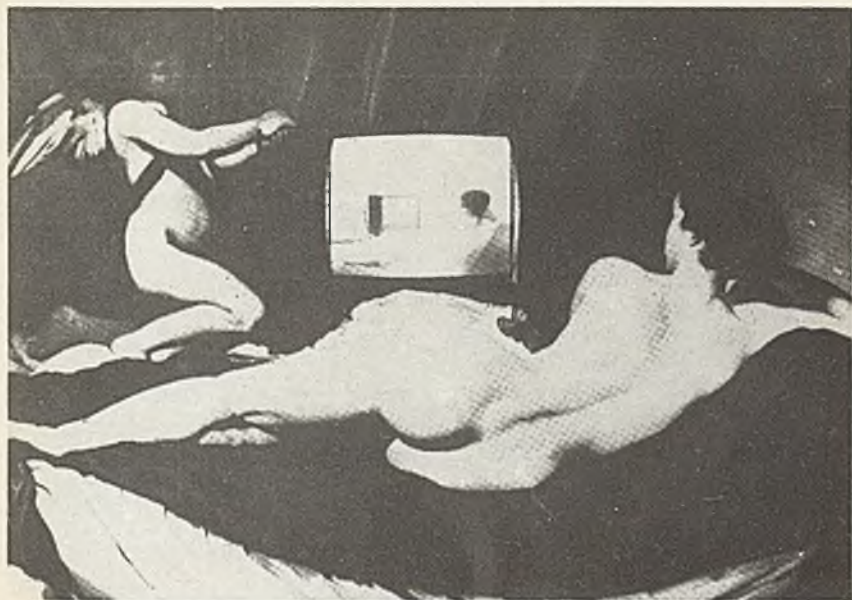
Fot. 21. Komputerowo-telewizyjna gazeta



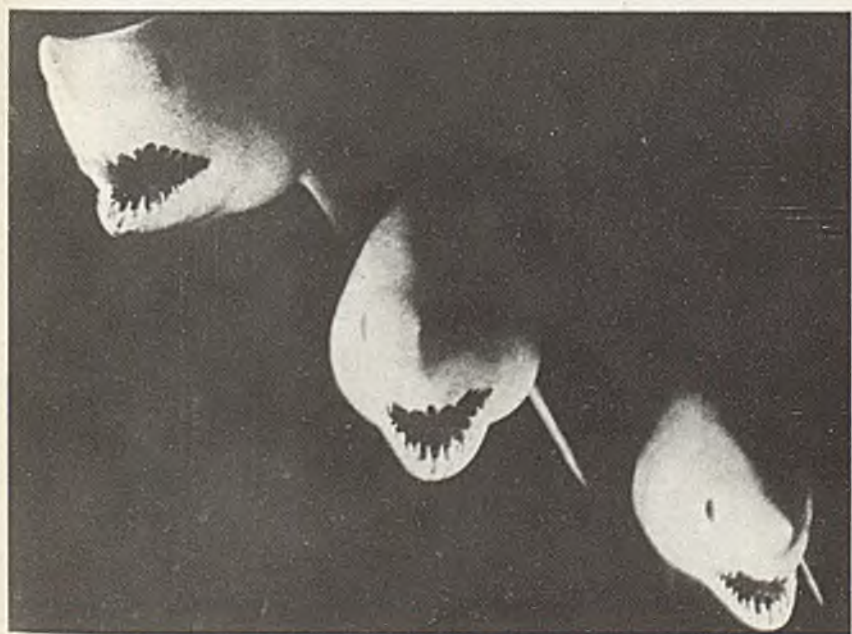
Fot. 23a. Klatu jest poslušna



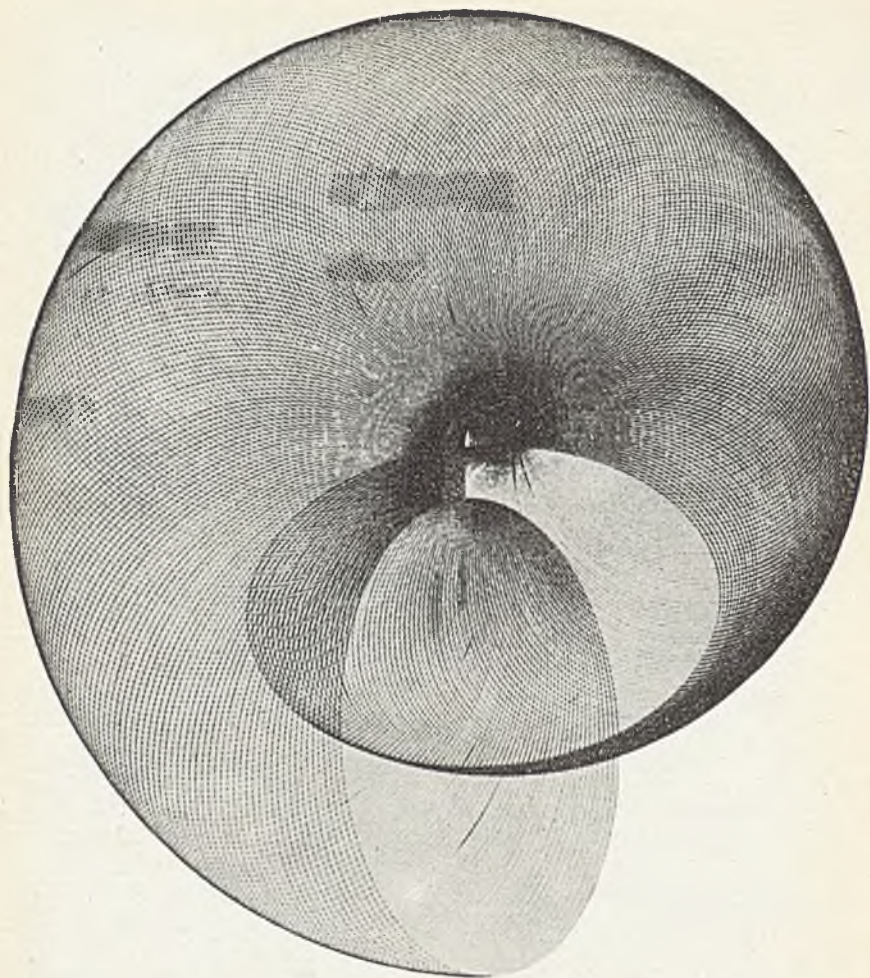
Fot 23b. Robot wyprowadza psa na spacer



Fot. 24. Sztuka video nawiązuje też do klasyki

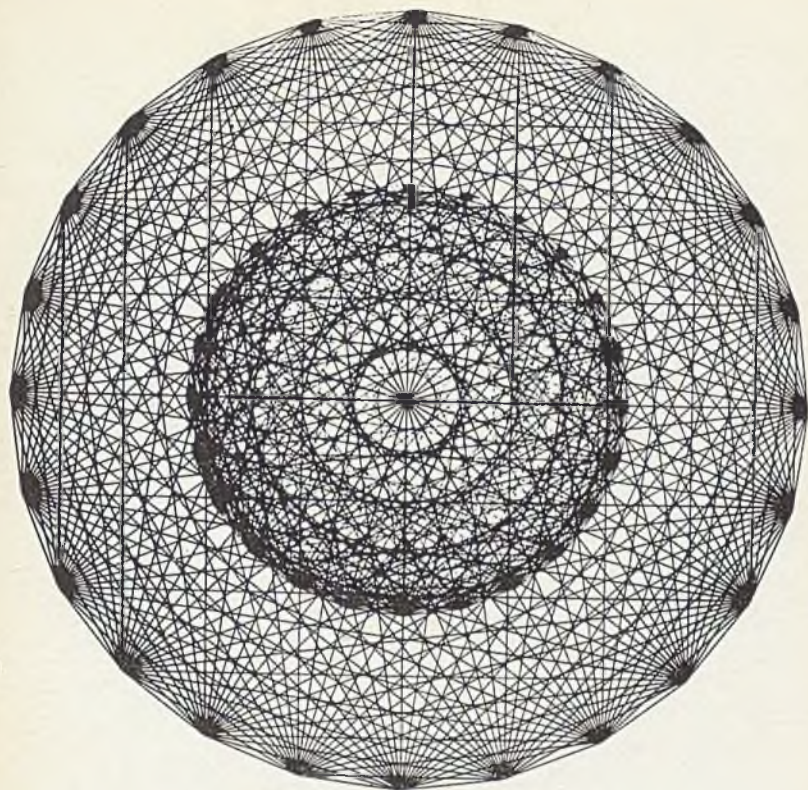


Fot. 25. Kolejne ujęcia poruszającego się rekina zarejestrowane na pojedynczym hologramie

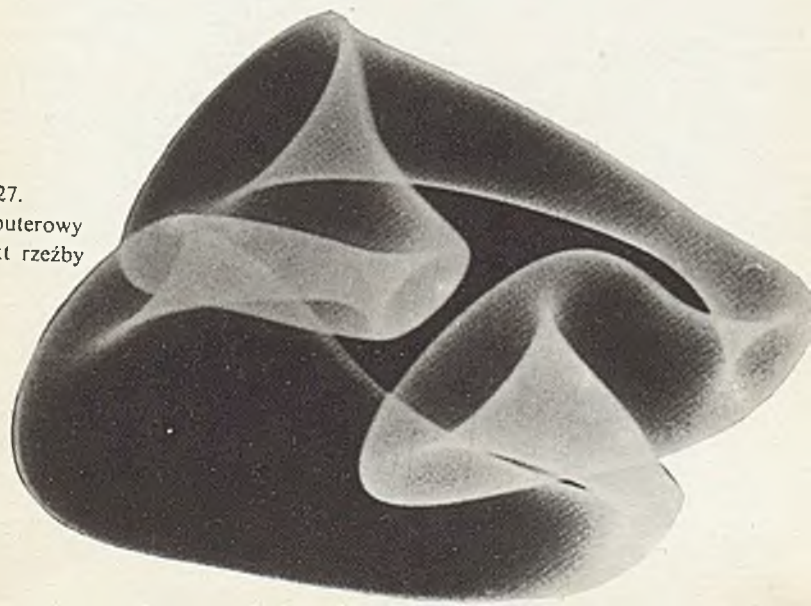


a

Fot. 26 (a, b). Przykłady grafik komputerowych



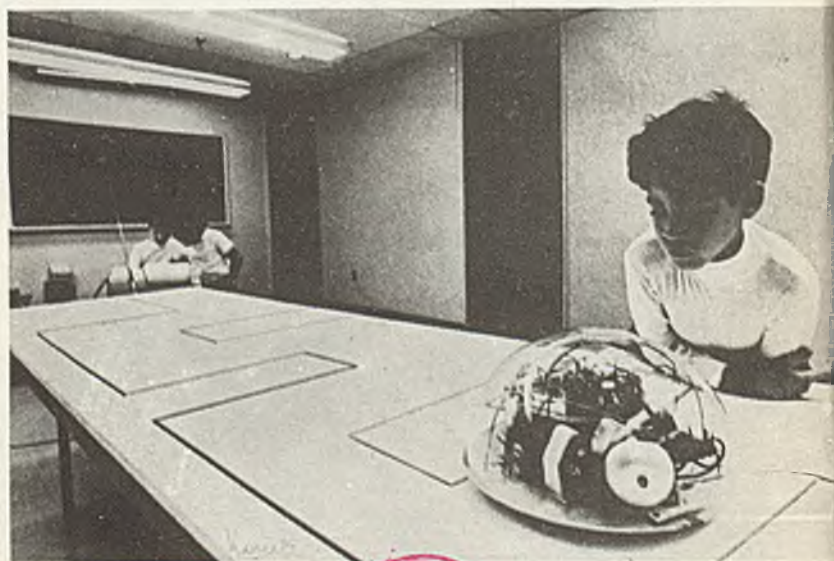
b



Fot. 27.
Komputerowy
projekt rzeźby



Fot. 28. Agresywne roboty pojawiają się tylko na filmowym ekranie



Fot. 29. W klubach amatorów, konstruujących myślące maszyny, większość stanowią młodzież



BIBLIOTEKA
BG Politechniki Śląskiej w Gliwicach
nr inw.: 11 - 2725



Cyfrowy partner

Mg 53531

Maszyna-niewolnik

Życie wewnętrzne komputerów

Estetyka programowana

Niebezpieczeństwa
skomputeryzowanej cywilizacji

RAPORTY Z GRANIC POZNANIA

ISBN 83-207-0584-3