



Ekspansja syntetycznego intelektu

Już od ponad 40 lat naukowcy próbują tchnąć życie w komputery, obdarzyć je intuicją i inteligencją. Dotychczasowe osiągnięcia w tej dziedzinie dowodzą, że wizja skonstruowania sztucznego człowieka jest wiecznie żywa.

Życie jest brutalne. Kasparow kręci głową, jakby wciąż nie wierzył w to, co się stało – tak międzynarodowy mistrz szachowy Maurice Ashley skomentował 33. rozstrzygające posunięcie *Deep Blue*. „Nikt nie mógł przewidzieć takiego obrotu sprawy. Kasparow sprawia wrażenie człowieka, którego świat legł nagle w gruzach”.

Cztery posunięcia później los najbardziej błyskotliwego szachisty wszechczasów, zmagającego się z najpotężniejszym z dotychczasowych systemów szachowych, był przesądzony. Porażka mistrza wywołała lekką sensację w szachowym świecie; trudno ją jednak uważać za cud. Gary Kasparow próbował stawić czoła 256 procesorom, wyspecjalizowanym w analizie „królewskiej” gry. Niestety, nie powiodło mu się...

„Chcąc skonstruować odnoszący sukcesy automat do najpopularniejszej strategicznej gry na świecie, trzeba gruntownie przeanalizować sposób myślenia człowieka, dotrzeć do jądra ludzkich zdolności kojarzenia i analizy sytuacji” – twierdzą amerykańscy naukowcy Allen Newell, John C. Shaw i Herbert A. Simon,

którzy w latach pięćdziesiątych rozpoczęli prace nad przystosowaniem komputera do tej roli. System *Deep Blue* można bez wątpienia uznać za udany, gdyż potrafił rzucić na kolana mistrza świata. Cóż jednak można powiedzieć o jego zdolności myślenia? Ten specjalistyczny komputer IBM-a jest w stanie schematycznie ocenić około 300 milionów pozycji szachowych w ciągu jednej sekundy. Nie zastanawia się jednak ani nad strategią, ani nad zwycięstwem, ani nad porażką.

Latem 1956 roku w amerykańskim Dartmouth College znamienite grono komputerowych wizjonerów świętowało narodziny „sztucznej inteligencji” (AI, artificial intelligence). W tym szczególnym towarzystwie znaleźli się między innymi: twórca teorii informacji – Claude Shannon, późniejszy laureat nagrody Nobla z dziedziny ekonomii – Herbert Simon, autor pojęcia „AI” – John McCarthy oraz słynący z ciętego języka Marvin Minsky, późniejszy współtwórca Instytutu Badań nad Sztuczną Inteligencją przy Massachusetts Institute of Technology (<http://www.ai.mit.edu>).

Zgodnie z przekonaniem gorących orędowników AI, nauka miała odtąd reprodukcować za pomocą komputerów te spośród ludzkich osiągnięć, których matką jest inteligencja. Wiele lat wcześniej naukowcy pokroju angielskiego matematyka Alana Turinga, czy amerykańskiego cybernetyka Norberta Wienera zauważyli, że zajmujące całe pomieszczenia, gigantyczne maszyny liczące po-

trafia znacznie więcej niż tylko „polykać” liczby. Wydawało się więc naturalne, że komputery wkrótce prześcigną swych twórców na polu gier strategicznych i dowodów matematycznych.

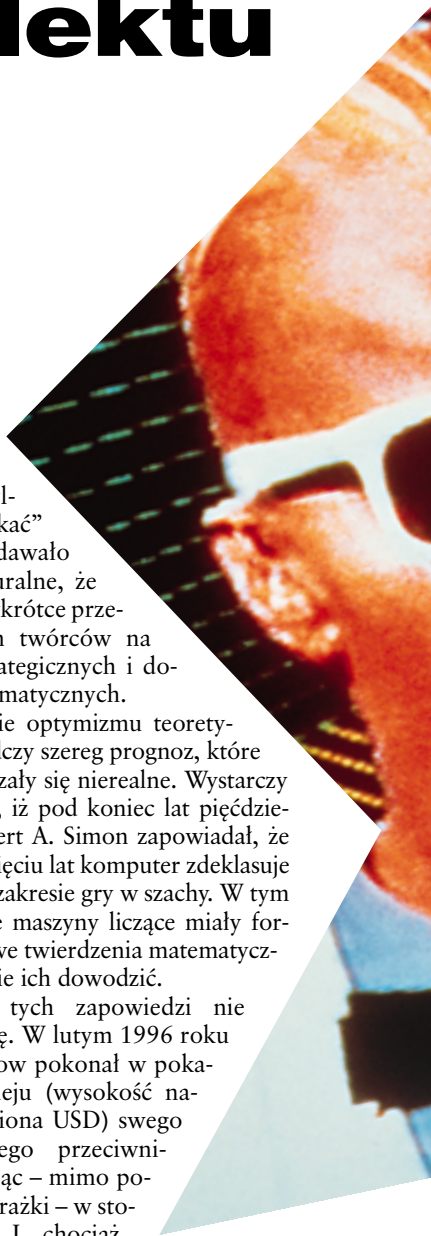
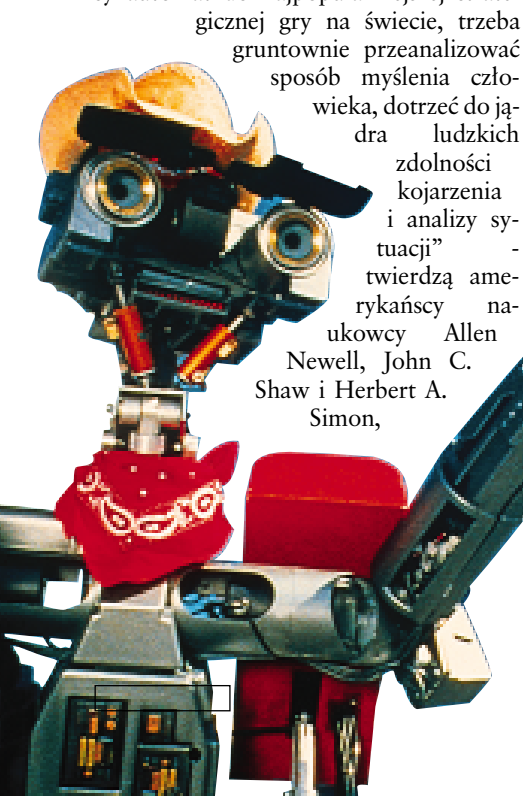
O poziomie optymizmu teoretyków AI świadczy szereg prognoz, które z czasem okazały się nierealne. Wystarczy przypomnieć, iż pod koniec lat pięćdziesiątych Herbert A. Simon zapowiadał, że w ciągu dziesięciu lat komputer zdeklasuje człowieka w zakresie gry w szachy. W tym samym czasie maszyny liczące miały formułować nowe twierdzenia matematyczne i samoistnie ich dowodzić.

Żadna z tych zapowiedzi nie sprawdziła się. W lutym 1996 roku Gary Kasparow pokonał w pokazowym turnieju (wysokość nagród pół miliona USD) swego komputerowego przeciwnika, wygrywając – mimo początkowej porażki – w stosunku 4:2. I chociaż twórca słynnego programu *Mathematica* – Stephen Wolfram twierdzi, że wersja 3.0 jego pakietu potrafi lepiej od człowieka obliczać całki, to jednak intuicja i inno-

Prognozy twórców AI okazały się nierealne

wacje matematyczne pozostają nadal domeną autorów oprogramowania.

„Okazało się, że problemy (jak np. gra w szachy), które początkowo wydawały





Niejednoznaczność – jej siłą

Logika klasyczna wymaga podejmowania jednoznacznych decyzji, np. czy dąb jest dużym drzewem, czy też nie. Zdefiniowana przez Lotfi Zadeha logika rozmyta (fuzzy logic) określa natomiast stopień lub prawdopodobieństwo przynależności obiektu do danej grupy. W systemie opartym na logice rozmytej drzewo X może np. należeć do grupy dużych drzew z prawdopodobieństwem 0,6. Takie właściwości jak „duży” czy „gorący” dotyczą danego obiektu w określonym stopniu, a nie – jak w logice klasycznej – całkowicie lub w ogóle. Dopuszczalność parametrów nieokreślonych sprawia, że logika rozmyta jest szczególnie atrakcyjna tam, gdzie zachodzi potrzeba określenia przybliżonych pewnych zależności technicznych.

Wydaje się więc, że rozszerzenie logiki klasycznej nie było wyłącznym celem autora logiki „nieostrej” – Lotfi Zadeha. „Rozmywanie” stanowiło dla niego ogólną zasadę, którą można zastosować do wszystkich teorii naukowych.

Szczególnie interesujące jest wykorzystanie arytmetyki rozmytej w połączeniu z innymi metodami sztucznej inteligencji. W małych komputerach przenośnych, jak np. Newton Apple’a, sieci neuronowe oraz arytmetyka rozmyta są odpowiedzialne za rozpoznawanie pisma odręcznego.

się nam trudne, były w rzeczywistości bardzo proste” – przyznaje się do błędów popełnionych w pierwszych latach badań nad sztuczną inteligencją Raymond Kurzweil. Ten wybitny naukowiec z dziedziny AI, pracujący nad systemami do rozpoznawania mowy twierdzi, że sytuacja jest wręcz paradoksalna: to, co dla ludzi jest niezwykle proste, sprawia trudność maszynom.

„Dostępne obecnie systemy komputerowe są dalekie od wykonywania powierzonych im zadań w sposób, w jaki czynią to ludzie” – głosi „Delphi”, raport na temat rozwoju nauki i techniki opracowany przez niemieckie ministerstwo edukacji. Czytamy w nim, że „... systemy ekspertowe, w których pokładano duże nadzieje w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych, nie spełniły tych oczekiwań”. W praktyce nie ma już dziś znaczenia, czy dany program jest inteligentny lub zachowuje się w sposób zbliżony do człowieka. Najważniejsze jest to, czy może być do czegoś przydatny.

Dobrym przykładem jest tu tzw. logika rozmyta. Jej podstawy określił w połowie lat sześćdziesiątych amerykański profesor z Berkeley Lotfi Zadeh (patrz ramka powyżej). O ile jeszcze w latach osiem-

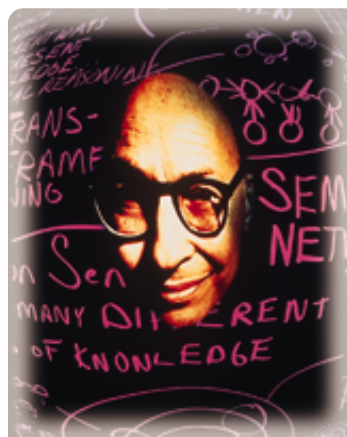
dziesiątych konstruowano głównie eksperymentalne modele systemów rozmytych, to obecnie idea ta wykorzystywana jest w urządzeniach przemysłowych i elektronicznych (np. w nowoczesnych kamerach logika rozmyta chroni przed powstaniem poruszonego obrazu).

Dziedzina zapoczątkowana przed 40 laty podczas kilkudniowego seminarium w Dartmouth stała się z czasem ogromnym przedsięwzięciem projektowo-badawczym. Tylko w Stanach Zjednoczonych rynek systemów AI ocenia się obecnie na około miliard dolarów. Z czasem zmienili się również naukowcy, badający nie poznane dotąd granice możliwości ludzkiego umysłu. „Byłbym zadowolony, gdyby udało nam się rozsądnie odwzorować zachowanie człowieka” – twierdzi profesor Götz z uniwersytetu w Norymberdze. „Nie zamierzam konstruować żadnego sztucznego człowieka” – zastrzega.

Wielu naukowców ma jednak zupełnie inne poglądy. Hans Moravec, dyrektor

Na drodze do lukratywnej normalności

Mobile Robot Laboratory na amerykańskim Carnegie-Mellon University w Pittsburghu uważa, że „im inteligentniejsze staną się maszyny, tym większe jest prawdopodobieństwo wyeliminowania ludzi”. Ten specjalista w dziedzinie robotyki należy do czołówek najwybitniejszych ekspertów z zakresu sztucznej inteligencji. Głównym obszarem jego ponad 25-letnich badań są „ruchome” roboty. Moravec



MICHAEL LLEWELLYN

Marvin Minsky, profesor Massachusetts Institute of Technology (MIT), należy do prekursorów sztucznej inteligencji



ma nadzieję, iż uda mu się zapewnić tym specyficznym urządzeniom niezależną egzystencję.

W ostatnich latach pojawia się coraz więcej wątpliwości co do rezultatów badań nad sztuczną inteligencją. John Searle, autor „Widoku z chińskiego pokoju” (patrz ramka obok) zwraca uwagę na to, że z samego tylko „żonglowania” informacjami nie rodzi się wcale zrozumienie ich istoty. Searle uważa również, że światek naukowy parający się AI dzieli się na ekstremistów i „umiarkowanych”. Jeśli komputerowi odtwarzającemu tylko po-

Maszyny z inteligencją i ... świadomością

szczególne znaki pisma dąży do możliwości poznania języka chińskiego, to jako zwolennicy poglądów radykalnych musimy przyznać, że świadomość i inteligencja komputerowych chipów nie jest czymś niemożliwym. Jeśli jednak jesteśmy zdania, że tylko osoby nie znające tej dziedziny uważałyby komputer za eksperta od chińskiego, można nas zaliczyć do mniej ambitnej, bardziej umiarkowanej grupy, która zamierza wyłącznie korzystać z osiągnięć sztucznej inteligencji.

Łatwiej jest oczywiście znaleźć argumenty przeciwko poglądom radykalnym, co bynajmniej nie oznacza, że naukowcy

prowadzący badania nad sztuczną inteligencją – zwłaszcza amerykańscy – są nie-

przygotowani do odpierania zarzutów. Pod ostrzałem krytyki znalazł się ostatnio również

obóz „efekciarzy”. Angielski matematyk sir Roger Penrose, autor niecyklicznego podziału płaszczyzny oraz prac w dziedzinie kosmologii, wychodzi z założenia, że świadomy proces myślowy jest w zasadzie nieosiągalny dla komputera. „Uważam, że świadomych procesów umysłowych nie można poprawnie zasymulować na komputerze” – wyjaśnia Penrose w rozmowie z CHIP-em. Jako przyczynę podaje fundamentalne twierdzenie matematyczne Kurta Gödla: „Zawsze istnieją zupełnie jawne, prawdziwe zdania, których nie można udowodnić za pomocą systemu reguł logicznych”.

Człowiek może pokonać tę barierę, gdyż „już sam fakt, że system reguł uznaje on za spójny, pozwala mu w procesie wnioskowania końcowego wyjść poza granice tych reguł”. Penrose postuluje również istnienie fizycznej przyczyny, która całkowicie wyklucza pełną zgodność między ludzkim umysłem a jego komputerową symulacją. „Sądzę, że w rzeczywistości na granicy pomiędzy mechaniką kwantową a klasyczną znajduje się nieobliczalna aktywność ludzkiego mózgu. Jest to wielkie i niejasne miejsce w naszym procesie natychmiastowego rozumienia faktów” – uważa Penrose. Zgodnie z poglądami tego oksfordzkiego naukowca, tam, gdzie równocześnie możliwe stany alternatywne rozpadają się

Udana ofensywa sieci neuronowych

– jak domek z kart – na rzeczywiste wydarzenia, byłoby miejsce na nieobliczalną substancję, z której składa się świadome rozumowanie.

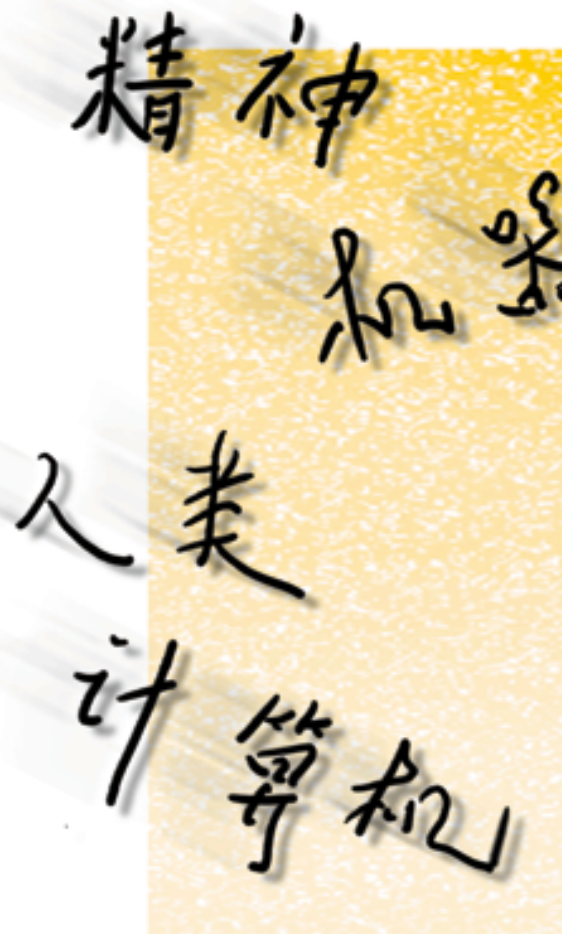
Mimo poważnych zastrzeżeń ze strony osób nie związanych bezpośrednio z problemami sztucznej inteligencji, osiągnięto na tym polu spore sukcesy. Dotyczą one m.in. skonstruowania ogólnego wzorca struktury ludzkiego mózgu. Sieci neuronowe naśladują zachowanie rzeczywistych komórek nerwowych, jednak zdecydowanie nie dorównują im pod względem złożoności. Sieci takie nie służą bezpośrednio do symulowania procesów myślowych, lecz są wykorzystywane w sytuacjach wymagających od systemów komputerowych dostosowania się do określonych warunków (posiadają więc możliwość „uczenia się”).

To, co jeszcze kilka lat temu stanowiło marginalny obszar w teoretycznych badaniach nad komputerami, znalazło praktyczne zastosowanie w systemach komputerowych i urządzeniach domowego użyt-

ku. Dobrym przykładem mogą być inteligentne pralki, które dostosowują zużycie energii i wody do stopnia zabrudzenia ubrań, oraz programy komputerowe rozpoznające pismo odręczne, odciski palców, numery samochodów, a nawet ludzkie twarze. Na istnieniu sieci neuronowych zyskał również Internet. Zaprezentowany niedawno przez brytyjską firmę Cambridge Neurodynamics program wyszukiwawczy *Autonomy* (<http://www.camneuro.stjohns.co.uk>) wykorzystuje tę technologię do sprawniejszego poruszania się w gąszczu internetowych informacji.

„Sieci neuronowe są jedną z ważniejszych metod rozpoznawania wzorców” – uważa Shun-ichi Amari, kierownik japońskiej grupy badawczej RIKEN (Brain Information Processing Group) i profesor Uniwersytetu Tokijskiego. Wraz ze swoimi współpracownikami pracuje on nad programem rządowym, zmierzającym do proklamowania XXI wieku „erą panowania umysłu”.

Już raz jednak przeceniono możliwości Japończyków w zakresie badań nad sztuczną inteligencją. Jesienią 1981 roku prekursor dziedziny systemów ekspertowych – Edward A. Feigenbaum ostrzegł bowiem, że amerykańska hegemonia na polu komputerów znajduje się w niebezpieczeństwie. Było to spowodowane



Chińska mieszanka firmowa

Albert Einstein zyskał sławę dzięki „eksperymentom myślowym” w fizyce. Pochodzącemu z Oksfordu filozofowi Johnowi Searle sztuczna inteligencja zawdzięcza przekonującą receptę, pozwalającą na oddzielenie wizjonerów od pragmatyków.

Wystarczy posadzić za biurkiem człowieka nie znającego języka chińskiego i przekazać mu obszerny, lecz jednocześnie zrozumiały algorytm: jeśli na kartce papieru

zobaczysz ten (chiński) znak lub określoną kombinację symboli, to przepiszesz odpowiednie znaki na nową kartkę.

Jeśli reguły takiej transformacji zostaną starannie opracowane, stworzymy biuro prowadzące korespondencję

w języku chińskim. Osoba z zewnątrz, wrzucająca do skrzynki chińskojęzyczne listy i otrzymująca po krótkim czasie odpowiedź w tym samym języku, będzie podejrzewać, że jest to efekt pracy absolwenta sinologii.

Wystarczy zajrzeć do pokoju, w którym pracuje ów specjalista, by pozbyć się złudzeń. Okaże się, że znajdująca się w nim osoba nie ma najmniejszego pojęcia o znaczeniu informacji, które przepływają przez jej ręce. John Searle, wykładowca na uniwersytecie w Berkeley, uważa, że działające na podobnej zasadzie komputery mogą

przekształcać odpowiednie symbole, nie potrafią ich jednak zrozumieć.

A skoro tak, nie może być mowy o tym, by sztuczna inteligencja wydała na świat komputery zdolne do rozumienia treści informacji.

**Komputery
nie wiedzą,
co robią**

头脑 → 精神

精神 → 机器

ujawnieniem planów japońskiego ministerstwa handlu zagranicznego MITI, zakładających skonstruowanie w ciągu 10 lat „komputera piątej generacji”.

Chociaż tytuł projektu „Fifth Generation Computer Systems” sugerował kolejną sprzętową rewolucję (po lampach elektronowych, tranzystorach, zintegrowanych i wysoce zintegrowanych układach półprzewodnikowych), to utworzony w kwietniu 1982 roku japoński instytut ICOT (Institute for New Generation Computer Technology) zajmował się głównie oprogramowaniem i zagadnieniami architektury komputerów. Komputer komunikujący się z otoczeniem za pomocą głosu ludzkiego, czyli w pewnym sensie inteligentny asystent, był – nawet w japońskich warunkach – jedynie wizją, nie zaś bliskim do osiągnięcia celem.

Prace japońskich specjalistów doprowadziły natomiast do powstania potężnego systemu *Parallel Inference Machine*,

który w procesie wnioskowania logicznego korzysta z pomocy 512 procesorów. Przeznaczone dla niego zadania formułowane są nie po japońsku, lecz w specjalnym języku logicznym dla komputerów równoległych.

Na początku lat osiemdziesiątych zelektryzowała naukowców „sensacyjna” wiadomość. Nagle „znalazły” się dodatkowe fundusze na badania nad sztuczną inteligencją. „Zamrożone” przez Wielką Brytanię prace badawcze w tej dziedzinie zostały przywrócone do życia dzięki dotacji rządu 350 milionów funtów. W Niemczech na konto „inwestycji” pod nazwą „Sztuczna inteligencja” wpłynęło do 1993 roku około pół miliarda marek.

Znacznie więcej kłopotów niż interpretacja logiki klasycznej lub rozmytej sprawiają „inteligentnemu” komputerowi problemy dnia codziennego każdego z nas. Na podstawie formalnych instrukcji komputery potrafią obecnie zaprojek-

tować programy działające efektywniej niż napisane przez człowieka. Sposób jedzenia lodów na patyku stanowi jednak dla nich nieodgadnioną zagadkę (patrz informacja na następnej stronie).

Raport „Delphi” prezentuje niekorzystny bilans badań związanych z różnymi innymi aspektami sztucznej inteligencji. „Ani w odniesieniu do szybkości, efektywności i uniwersalności, ani pod względem tolerancji błędów aplikacje umożliwiające przetwarzanie i rozpoznawanie obrazów, analizę mowy, czy sterowanie robotami nie dorównują możliwościom człowieka” – czytamy w opracowaniu. Naukowcy przewidują wprawdzie, że – po okresie stagnacji – znów nastaną dobre czasy dla robotyki. W najbliższych latach powinien więc nastąpić wyjątkowy rozwój tej dziedziny.

Dobre dwadzieścia lat temu metalowe konstrukcje, zbudowane przez fana robotyki – Moravca, poruszały się nieporadnie po laboratorium, obijały o ściany i przewracały. Dziesięć lat później sporządzały już – na podstawie sygnałów rejestrowanych poprzez urządzenia sonarowe i obiektywy kamer –

Leksykon rozumu

Projekt Cyc (od ang. 'encyclopedia') ma na celu podział wiedzy wykorzystywanej w życiu codziennym na części możliwe do „strawienia” przez komputer i powiązanie ich sensownymi relacjami. Jeśli kiedyś przestaniemy być pewni, w jaki sposób postawić na stole szklankę mleka, odpowiedzi udzieli nam wspomniany system. Dowiemy się od niego, że szklanka nie powinna stać „do

w fazę komercyjną. Jeszcze w tym roku utworzona przez projektantów teksańska firma Cycorp zamierza jednak udostępnić fragmenty tej encyklopedii do celów nie komercyjnych. Baza wiedzy zawierająca fakty istotne w życiu codziennym powinna obecnie wykorzystywać kilkadziesiąt tysięcy pojęć i obejmować ponad 400 000 haseł.

Komputery mogą również korzystać z pomocy systemu Cyc w celu lepszego zrozumienia poleceń podawanych przez użytkowników. Narzędzie to będzie też przydatne w sytuacji odwrotnej: użytkownik nie będzie musiał ponownie wprowadzać faktów, które komputer już zna. Dobrym przykładem jest poszukiwanie w bazie obrazów odpowiedników hasła „przestraszony”. Komputer mógłby wówczas wybrać zdjęcie opatrzone podpisem „żołnierz mierzy z broni do kobiety”. W tym przypadku posiadana informacja „broń stanowi zagrożenie dla życia” oraz wniosek, że „zagrożeni ludzie odczuwają strach” wystarczyłyby do poprawnego skojarzenia zapytania z odpowiednią pozycją bazy danych.

Nieograniczony rozwój

Baza wiedzy Cyc-a będzie w przyszłości rozbudowywana. W przyszłym roku firma Cycorp zamierza zatrudnić do prac nad tym systemem specjalistów, którzy – poza pewnymi zasobami wiedzy ogólnej – będą reprezentowali konkretne dziedziny, np. geografię, politykę czy ekonomię.

Ważne jest też, by system, o którym mowa mógł korzystać z zasobów informacji dostępnych w sieci World Wide Web. W przyszłości program ten mógłby na przykład uczestniczyć w dyskusjach na temat filmów kinowych, posiłkując się wiedzą zapisaną na stronach WWW. W tym celu firma Cycorp zamierza zaprojektować moduły konwersji, przekształcające strony WWW na format akceptowany przez Cyc-a. Dzięki temu wspomniany system czerpałby wiedzę na dowolny temat (kultura i sztuka, kursy giełdowe, publikacja CIA World Factbook itp.) z niewyczerpanych zasobów internetowych.

Sparc 20 otrzyma odpowiednie dane pomiarowe, umieszcza je w siatce systemu. W ten sposób powstaje trójwymiarowa mapa, którą można stale uzupełniać i łączyć z dowolnymi aplikacjami wykorzystywanymi przez robota.

Komputer Moravca ma obecnie wydajność 100 mipsów (milionów instrukcji na sekundę). Według obliczeń, zaprezentowanych przez uczonego w książce „Mind Age”, moc obliczeniowa komputera sterującego musi być jednak dziesięciokrotnie większa, aby intelekt robota odpowiadał poziomowi gadów. Zdaniem Morawca, warunek ten zostanie spełniony najpóźniej do 2010 roku. Dziesięć lat później roboty dysponujące już wydajnością miliona mipsów osiągną poziom intelektualny naczelnych. Pod względem logicznego myślenia roboty powinny dorównać człowiekowi w 2040 roku – wykonując 30 bilionów operacji w ciągu sekundy.

Za jedno z najinteligentniejszych urządzeń w swojej klasie uważany jest przez specjalistów robot „Cog” (<http://www.ai.mit.edu/projects/cog>). Eksperci z laboratorium AI działającego przy instytucie MIT zaimplementowali mu wzorce ludz-

Za 40 lat komputer dorówna intelektem człowiekowi

kich procesów postrzegania i poruszania się. Nazwa robota pochodzi od terminu „cognition”, czyli „poznanie”. Wyposażony w elektroniczne imitacje oczu, uszu i ramion Cog powinien – z pomocą mózgu neurokomputera – bez problemu orientować się w przestrzeni. Robot nie posiada wprawdzie nóg, ale może poznawać świat za pośrednictwem ruchomych oczu kamery wideo. Od czasu, gdy Cog zrozumiał, w jaki sposób swoim chwytnym ramieniem może zręcznie podnieść kawałek drewna, dokładnie pamięta tę czynność.

Tułów robota porusza się na sześciu oddzielnych osiach. W wypadku, gdyby Cog przecenił swoje siły, czujniki znajdujące się na jego tułowiu powinny uruchomić alarm. „Zainstalujemy mu odpowiedni sygnalizator zmęczenia” – zapowiada profesor Rodney Brooks.

Roboty (<http://set.gmd.de/RS/snake>) konstruowane w centrum badawczym technik informacyjnych GMD w St. Augustin charakteryzują się dużą wytrzymałością. Zadaniem tych wyposażonych w koła urządzeń jest pilnowanie porządku w systemie kanałów podziemnych. Do wędrówek po labiryncie korytarzy wykorzystują kamery oraz specjalne narzędzia.



Wszystko zależy od punktu widzenia: Wrodzoną wadą procesu gromadzenia wiedzy jest to, że – podobnie jak na przedstawionym obrazie Salvadora Dali – ta sama informacja zależnie od sytuacji może być interpretowana w najróżniejszy sposób

góry nogami”. Okazuje się, że dla komputera wiedza ta stanowi większą rewelację niż dla nas, którzy już od dziecka przywykliśmy do zalet tego odżywczego napoju.

Niesłyszany projekt

Pojawia się jednak pytanie, skąd dana aplikacja ma czerpać swą wiedzę (mieć np. pewność, że drzewa rosną zwykle na dworze, a zmarli nagle nie ożywają)? Informacje te trzeba programowi po prostu przekazać. Od 1984 roku amerykańscy naukowcy pod kierownictwem Douglasa Lenata próbują stworzyć encyklopedię ludzkiego rozumu. Cyc (e-mail: info@cyc.com, WWW: <http://www.cyc.com>) – projekt noszący raczej niefortunną z punktu widzenia naszego języka nazwę – wkroczył ostatnio

dwuwymiarowe mapy otoczenia. Umiejętność ta nie wystarcza im jednak do samodzielnego przemieszczania się. „Aby roboty mogły się bezbłędnie orientować w przestrzeni, muszą dysponować trójwymiarowym obrazem otoczenia” – uważa Moravec.

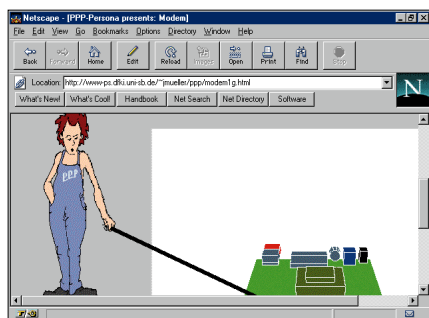
Od początku bieżącego roku na zlecenie firmy Daimler-Benz ekspert ten prowadzi w Berlinie prace nad prototypem

trójwymiarowego systemu *Evidence Grid*. Ma on postać specjalnej sieci, w której umieszczane są miliony danych na temat otoczenia. Trójwymiarowy system sterujący wykorzystuje sygnały pochodzące z wielu różnych urządzeń: kamer stereoskopowych, promieni laserowych i czujników kontaktowych, zbierających informacje podczas ruchu robota. Za każdym razem, gdy stacja robocza

Aby roboty te były w stanie poradzić sobie z wieloma nieprzewidywalnymi problemami, eksperci z GMD „wyposażyli” je w sztuczną inteligencję. „W tym przypadku możemy mówić jedynie o otwartej strukturze programu, gdyż roboty muszą w każdej sytuacji zachowywać się elastycznie” – informuje jeden z projektantów wspomnianych urządzeń. Nie istnieją więc określone przez programistów granice wykorzystanego software'u; wiadomo, że powinien on stale „uczyć” się nowych faktów. Jeśli robot natrafi na przeszkodę, zapamięta tę sytuację i gdy się ona powtórzy, będzie już w stanie odpowiednio zareagować.

Jeżeli jednak automaty do czyszczenia kanałów natrafiają na bardzo ostre zakręty, wielometrowe szyby lub ułożone ukośnie rury ściekowe – muszą skapitułować. Z tego też względu – zgodnie z kolejnym projektem ekspertów z GMD – otrzymają wkrótce do pomocy dodatkowych asystentów. W podziemnych patrolach będzie im towarzyszył zastęp robotów wspierających. Na razie cała „ekipa” zostanie połączona za pomocą kabla z komputerem sterującym. Dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji roboty mają w przyszłości funkcjonować samodzielnie.

Prototypowy model dwumetrowego węża złożonego z robotów i pomocników „pełza” już po testowej trasie w centrum GMD. Pod koniec 1997 roku po-



Uniwersalne informacje w sieci: Intelligentny system PPP Persona wybiera zawsze te dane, których potrzebuje użytkownik

winny zakończyć się prace projektowe, a wówczas urządzenia te trafią do normalnej pracy. Obszar zastosowań naszpikowanych czujnikami „gadów” jest dość szeroki. „Będą mogły uczestniczyć w poszukiwaniach w zawałonych budynkach lub w skażonych pomieszczeniach” – przewiduje Karl-Ludwig Paap, informatyk z centrum GMD.

Roboty pracujące nad jakimś zadaniem, będą mogły ze sobą współdziałać.

Test na inteligencję

Inteligentny czy nie – tę kwestię mógłby rozstrzygnąć eksperyment opracowany przez brytyjskiego matematyka Alana Mathisona Turinga (1912–1954). Swoją myśl zilustrował on za pomocą pewnego rodzaju gry towarzyskiej, którą sieciowi „gawędziarze” znają zapewne z własnego doświadczenia. Zadanie polega mianowicie na odgadnięciu,



F.K. HUMMEL

czy przy terminalu po drugiej stronie łączy sieciowych znajduje się mężczyzna, czy kobieta. W oryginalnym teście Turinga osoba pytająca podejmuje próbę rozpoznania właściwej płci dwóch onlinowych „rozmówców”. Problemem sztucznej inteligencji jest zatem odpowiedź na pytanie, czy komputer może w tej grze wiarygodnie odegrać jakąś rolę. Alan Turing przewidywał, że do roku 2000 komputery będą w stanie tak dobrze naśladować ludzi, że z 70-procentowym prawdopodobieństwem uda im się „nabrać” osobę zadającą pytania. Od pięciu lat rzeczywiście prowadzi się tego rodzaju próby, jednak w sposób niezupełnie naturalny (np. czas gry jest ograniczony, a rytm „palcowania” znaków – widoczny). Zawody w tej dziedzinie – na-

zwane od nazwiska fundatora „konkurem o nagrodę Loebnera” – stały się również forum rywalizacji między programistami-hobbystami o skonstruowanie najlepszego programu „oszukującego”. Z aktualnym laureatem nagrody Loebnera, programem HeX (<http://ciips.ee.uwa.edu.au/%7Ehutch/Hal.html>) możemy nawiązać kontakt poprzez sieć World Wide Web (patrz informacja na końcu artykułu).

Najsłynniejszym prekursorem oprogramowania tego typu był program Eliza Josepha Weizenbauma (na zdjęciu u góry). Już w połowie lat sześćdziesiątych ten specjalista komputerowy – który z czasem stał się zagorzałym krytykiem AI – zwrócił uwagę na fakt, że ludzie podczas rozmów z automatai szukają sensu dialogu i podporządkowują swoje odpowiedzi reakcjom automatów.

„... na przykład uzgadniać między sobą optymalny podział pracy” – zamyśla się biolog, prowadząca od wiosny 1996 roku w laboratorium AI na Uniwersytecie Brukselskim (VUB) badania nad możliwościami współdziałania elektronicznych „istot”. W ramach projektu, finansowanego przez Unię Europejską, roboty uczą się okazywania zachowań społecznych (tzw. „social life”). Za pomocą specjalnych pasów wyposażonych w czujniki nawiązują wzajemne kontakty, naśladując racjonalny sposób zachowania i unikają wykonywania bezużytecznych działań. Za jakiś czas powinny również posiadać zdolność komunika-

mami rozpoznawania i przetwarzania mowy, w które wyposaża roboty.

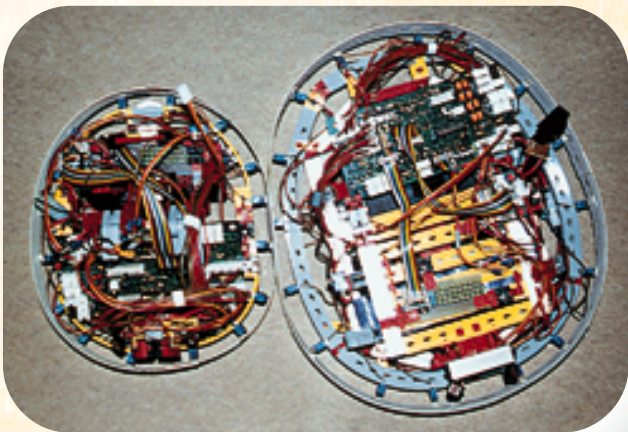
Problemem komunikacji programów z człowiekiem interesuje się również zespół naukowców z centrum badań nad sztuczną inteligencją w Saarbrücken. Ekspertom z tego ośrodka udało się skonstruować samouczący się system do prowadzenia dialogów w sieciach komputerowych. Program noszący nazwę „Personal Plan-Based Presenter” (PPP) udziela informacji użytkownikom Internetu za pośrednictwem sympatycznej postaci rysunkowej „PPP Persona” (<http://www.dfki.uni-sb.de/iui/multimedia/ppp.html>). Autorzy systemu położyli duży nacisk na multimedialne mechanizmy prezentacyjne. W zależności od potrzeb użytkownika PPP Persona prezentuje (korzystając z obrazu i dźwięku) odpowiednie informacje, demonstruje wykresy oraz objaśnia zależności techniczne. „Do tej pory człowiek musiał dostosowywać się do instrukcji obsługi, w przyszłości ► 32

Roboty pomagają podczas katastrofy

nia się z ludźmi i oprogramowaniem. Luc Steels, profesor informatyki na uniwersytecie VUB, eksperymentuje z syste-

Żółwie, węże i spółka

Roboty już dawno przestały przypominać swym wyglądem mało atrakcyjne, metalowe pudełka. W zależności od charakteru wykonywanej pracy wyposażone są one w mocne pancerze, miniaturowe czujniki, długie ramiona bądź niby-nogi.

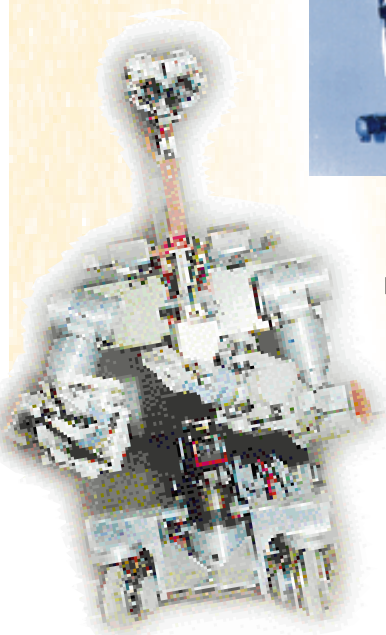


Nawiązywanie kontaktu za pomocą pasa z czujnikami: roboty stworzone na Uniwersytecie Brukselskim wyglądają jak żółwie i z zapałem uczą się życia społecznego

Usprawnianie chwytanego ramienia: Cog, robot z instytutu MIT dokładnie zapamiętuje, co ma do zrobienia i następnym razem nie popełnia już żadnych błędów



Nic nie umknie oczom kamery: Dzięki pomocy zdjęć wideo roboty Hansa Moravca tworzą trójwymiarowe mapy swojego otoczenia



będzie odwrotnie” - w tak obrazowy sposób jeden z członków grupy projektowej PPP określa cel jej prac.

Na podstawie pytań stawianych przez użytkownika system tworzy odpowiedni profil odbiorcy. Następnie wyszukuje

w sieciowych bazach danych potrzebne informacje tekstowe i łączy je w jedną prezentację. Dzięki mechanizmom przetwarzania mowy PPP Persona będzie w przyszłości komunikować się z użytkownikiem w różnych językach.

Pewnego dnia PPP będzie zapewne w stanie rozpoznać np. zamiary użytkownika wędrującego po Internecie. Dzięki temu sam dokona odpowiedniego zestawienia informacji pochodzących ze stron WWW i baz danych. „Kiedyś myśleliśmy, że roboty będą nam podawały kawę i wy-
ręczały w drobnych czynnościach domowych. Dziś konstruuje się systemy (tzw. agentów software'owych), które spełniają znacznie ważniejszą rolę: wyszukują dane, zapewniając szybki dostęp do informacji” - mówi Thomas Rist.

Z technicznego punktu widzenia wspomniany agent pełni w sieci rolę użytecznego „ducha”. Jest to bowiem ruchomy program, przenoszący ze sobą część swoich danych. Mobilność wynika tu z możliwości przerywania jego działania na jednym komputerze i przesłania go siecią Internet do urządzenia, na którym będzie kontynuował pracę.

Podczas eksploatacji programów-agentów znikają typowe dla robotów problemy z orientacją w otoczeniu. W instytucie MIT położono szczególny nacisk na technikę „word of mouth”, umożliwiającą bezpośrednią obserwację innych użytkowników. Dzięki temu system może uzyskać informacje o preferencjach poszczególnych użytkowników WWW oraz o tym, jak często wybierają dane strony i pozycje.

Na tej podstawie agent software'owy tworzy profile użytkowników i przypo-

Instrukcja obsługi dostosowuje się do użytkownika

rządkowuje swojego własnego użytkownika do jednej z powstałych w ten sposób grup. Gdy kwestia jego upodobań zostanie wyjaśniona, agent - na zasadzie analogii - będzie poszukiwał tekstów naukowych, komiksów lub przepisów kulinarnych interesujących członków tej samej grupy.

Ciekawym systemem tego typu jest *Firefly* - agent specjalizujący się w branży muzycznej. Wyszukuje on dla swego „pana” wszystkie dokumenty, wybrane wcześniej przez osoby o podobnych preferencjach. Program posiada również



zdolność uczenia się: „Im więcej ludzi korzysta z Firefly’a, tym sprytniej zaczyna on działać” - wyjaśnia Pattie Maes, kierownik zespołu „Autonomous Agents Group” na MIT.

Z kolei *Autonomy* – system skonstruowany przez Cambridge Neurodynamics – za pomocą sieci neuronowej symuluje sposób, w jaki człowiek poszukuje interesujących go informacji. Program ten poznaje określone zagadnienie poprzez analizę odpowiednich tekstów fachowych. Na podstawie częstości wystąpień poszczególnych słów i ich pozycji w zdaniu decyduje o tym, które słowa kluczowe mają istotne znaczenie. Następnie przeszukuje Internet, porównując odnalezione dokumenty z pytaniem wyszukiwawczym i posiadaną „wiedzą”.

Wizja maszyn mogących funkcjonować samodzielnie, wywołuje niepokój

wśród przeciwników sztucznej inteligencji. Znany autor literatury sf – Isaac Asimov już w 1950 roku przedstawił kilka tez, które powinni wziąć sobie do serca konstruktorzy robotów. Jeśli nie chcą w obojętnie jak dalekiej przyszłości żyć w świecie opanowanym przez maszyny, muszą zaszczerpieć swym „tworom” trzy zasady pochodzące z powieści „I, Robot”:

1. Robotowi nie wolno zranić żadnej istoty ludzkiej, ani też swoją bezczynnością dopuścić do wyrządzenia jej jakiegokolwiek krzywdy.

2. Robot musi słuchać rozkazów wydawanych przez człowieka, chyba że dany rozkaz jest sprzeczny z regułą 1.

3. Robot musi bronić swojego bytu, dopóki nie będzie to niezgodne z regułą numer 1 lub 2.

oprac. Ewa Dziekańska (kk, nf, ss, ow)

Elektroniczny tropiciel

Wiele firm zbiera od swoich klientów dane za pośrednictwem specjalnych ankiet lub przy okazji wystawiania paragonów bądź innych dokumentów sprzedaży. Tylko niewielka część tych informacji jest wykorzystywana podczas obliczania obrotów bądź liczby sprzedanych towarów; reszta zajmuje niepotrzebnie miejsce na serwerach. Dzięki technice Data Mining sytuacja ta powinna ulec zasadniczej zmianie. Od początku lat dziewięćdziesiątych inteligentne mechanizmy wyszukiwające potrafią odpowiednio spożytkować wiedzę zawartą w niewykorzystanych zasobach danych. Zarchiwizowane w ten sposób informacje można w pewnym sensie przekształcić w żywą gotówkę.

Idealne dla marketingu

Korzystając z techniki Data Mining firmy handlowe mogą analizować zachowania konsumentów, a następnie tworzyć odpowiednią strategię sprzedaży. Werner Emde, informatyk z grupy badawczej „Kepler” przy centrum GMD, opracował wraz ze swoimi współpracownikami inteligentne algorytmy wyszukiwania, które spośród zgromadzonych danych wychwytyują pewne charakterystyczne wzorce. Aby zobrazować to na przykładzie założmy, że analizie ma zostać poddana baza instytutu badań rynkowych. Zadanie postawione przed programem brzmi: „Wyciągnij wnioski na temat charakterystyki danych dotyczą-

cych sprzedaży napojów w opakowaniach jednorazowych i zwrotnych”. Na podstawie posiadanych informacji system ustalił, że ludzie o niskich dochodach i osoby bezrobotne kupują często napoje w opakowaniach jednorazowych. Natomiast bezdzietne rodziny, urzędnicy oraz klienci robiący zakupy raz w tygodniu preferują napoje w butelkach zwrotnych. Wyniki takich badań mogą

przyczynić się do ograniczenia i lepszego spożytkowania nakładów na reklamę: tendencje rynkowe są wyraźnie widoczne, a ryzyko można dokładnie oszacować.

**Zapomniane
informacje
na wagę złota**

Odpowiedź bez pytania

Najbardziej zadziwiającym faktem związanym z techniką Data Mining jest to, że nawet bardzo ogólnikowe zapytania mogą prowadzić do uzyskania wyjątkowo dokładnych wyników. Rozwiązanie tej zagadki tkwi w metodach, którymi posługuje się sztuczna inteligencja: oparte na niej systemy sprawdzają wiele wzorców, wybierając spośród nich najbardziej charakterystyczne.

Fascynującą cechą Data Mining są wielkie niewiadome. W rzeczywistości bowiem prawie nigdy dokładnie nie wiemy, czego szukamy.

Wyniki działania algorytmu Data Mining są interesujące zarówno dla danej firmy, jak i dla konkurencji. Na tym właśnie polega atrakcyjność systemów AI, a bezpieczeństwo uzyskanych za ich pośrednictwem danych jest kwestią natury zasadniczej.