

1 Wstęp do metod AI

1.1 Wprowadzenie

AI, czyli sztuczna inteligencja, ma długą prehistorię, którą wywieść można od pięknej idei Ramona Lull z XIII wieku. Ten kataloński filozof i teolog, franciszkanin, podjął próbę stworzenia systemu logicznego, obejmującego wszystkie gałęzie wiedzy, wydając znakomite na owe czasy dzieło *Ars magna generalis et ultimata*. Już wtedy marzył on o języku, który byłby na tyle precyzyjny i jednoznaczny, by wszelkie zagadnienia w nim rozstrzygać. Dopiero pojawienie się komputerów dało impuls do rozwoju sztucznych języków, potrzebnych do zapisu programów. Pierwsze prace nad językami algorytmicznymi, czyli językami do zapisu algorytmów, prowadzono dopiero na początku lat 50-tych tego wieku. Teoria języków algorytmicznych rozwinięta została w pracach wielu informatyków. W praktyce tylko niektóre języki algorytmiczne oparte są na dobrze zdefiniowanych podstawach teoretycznych. Starsze języki, takie jak Fortran czy Cobol powstawały w sposób niemal spontaniczny.

Gottfried Wilhelm Leibniz, ur. 21.06.1646 w Lipsku, zmarły 14.11.1716 w Hannoverze, pochowany w nieznanym grobie, mógłby być patronem informatyków. Studiował w Moguncji, porządkował prawo rzymskie, tam też sporządził plany maszyny liczącej. W Paryżu pisze o filozofii, teologii, alchemii, matematyce, dyplomacji i polityce, lecz dla swojej maszyny nie znajduje budowniczego. W 1675 odkrywa rachunek różniczkowy, system dwójkowy, rachunek logiczny, rozważa również język do opisu pojęć (*characteristica universalis*). Z jego inicjatywy powstała Pruska Akademia Nauk. W 1694 za ogromną sumę 24000 talarów buduje niezbyt doskonałą (z przyczyn mechanicznych) czterodziałaniową maszynę liczącą. W maszynie tej wprowadził zasady, używane przez setki lat w mechanicznych kalkulatorach. Od 1679 roku Leibniz rozważał projekt maszyny działającej w systemie dwójkowym.

W 1712 próbuje zrobić dla cara Piotra Wielkiego, na którego dworze przebywa przez parę lat, kolejną maszynę liczącą. Ta próba również skończyła się niepowodzeniem. Znany był już wtedy rachunek na symbolach, chociaż jeszcze w 1570 roku Hieronimus Cardanus udowodniał, że dla symboli $(-a)*(-b)$ nie równa się $a*b$ a Ch. Clavius pisał w 1600 roku: „umysł ludzki nie jest w stanie uchwycić powodów, dla których niewiadome i ich znaki zachowują się w taki sposób. W 1680 roku Leibniz pisząc o „rachunku filozoficznym” wyraża nadzieję, że w przyszłości dzięki rozwojowi logiki matematycznej zamiast się spierać, wystarczy policzyć.

Jak napisał jeden z pionierów w dziedzinie AI „Obszary badań naukowych powstają w wyniku skupienia się zainteresowania uczonych wokół różnych zjawisk. Nauki nie powstają w wyniku definicji, ale zostają rozpoznane” (A. Newell, 1973). Jako dobrze zdefiniowana dziedzina nauki AI została „rozpoznana” w latach 50-tych. Dwa główne prądy naukowe, które się do tego przyczyniły to rozwój logiki matematycznej i rozwój teorii obliczeń. Church, Turing i inni matematycy zrozumieli jeszcze przed zbudowaniem komputerów, że obliczenia nie dotyczą tylko liczb a raczej przetwarzania symboli. Allan Turing, angielski matematyk, jest najczęściej wymieniany jako „ojciec” sztucznej inteligencji jako dziedziny naukowej, gdyż jego teoria działania automatów i jego prace dotyczące możliwości inteligentnego zachowania się komputerów stanowią teoretyczne podstawy tej dziedziny.

Wśród innych prądów, które przyczyniły się do powstania AI wymienić należy trzy, wszystkie powstałe w 1949 roku. Claude Shannon prowadził rozważania nad przesyłaniem informacji w telekomunikacji i napisał książkę, w której po raz pierwszy zdefiniowano ilościowo, co to jest informacja. Norbert Wiener wydał książkę „Cybernetyka czyli sterowanie i komunikacja w zwierzęciu i maszynie”, rozpoczynając tym samym szeroki nurt nauk cybernetycznych. W tym samym roku powstał również pierwszy model sieci nerwowej (McCulloch i Pitts) jako układu elementów logicznych. Chociaż formalnie rzecz biorąc informatyka jest nauką o przetwarzaniu informacji metody teorii informacji znajdują większe zastosowanie w telekomunikacji niż przy projektowaniu komputerów.

Wszystkie te nurty połączone zostały wkrótce po zbudowaniu pierwszych komputerów. Inteligencja wymaga złożoności, a komputery po raz pierwszy w historii pozwalają na budowę dostatecznie złożonych układów by zaatakować takie zagadnienia jak gra w szachy, dowodzenie twierdzeń czy tłumaczenie z jednego języka na

drugi. Bardzo szybko okazało się, że nie potrafimy znaleźć algorytmów na rozwiązywanie tego typu zagadnień, wymagają one „inteligencji”. Ludzie wykonują pewne czynności nie zdając sobie sprawy z tego, w jaki sposób to robią. Zrozumienie tego faktu w latach 50-tych (bynajmniej nie było to wtedy takie oczywiste, wydawało się wówczas, że zaprogramowanie bardzo złożonych zachowań to tylko kwestia wielkości pamięci i szybkości działania komputera) stanowi początek AI jako dziedziny nauki. Formalnie jako nauka AI powołana została do życia w 1956 roku, podczas jednej z konferencji specjalistycznych, a więc powstała na długo przed powstaniem nazwy „informatyka”. Najlepsza jednozdaniowa definicja AI brzmi następująco:

Sztuczna inteligencja to dziedzina nauki zajmująca się rozwiązywaniem zagadnień niealgorytmizowalnych przy pomocy komputerów.

AI formalnie stanowi część informatyki, ale bliska jest psychologii i „cognitive science” czyli „naukom poznawczym” lub „kognitywnym”, w skład których wchodzi takie dziedziny jak neuropsychologia, teoria mózgu, psycho i neurolingwistyka, zagadnienia filozofii umysłu. Jednocześnie rozwijają się zastosowania: wszędzie tam, gdzie nie ma pełnej teorii i wymagane są inteligentne decyzje (często próby zgadnięcia bardziej niż udowodnienia), w tym w badaniach naukowych, potrzebne są metody AI. Być może jednym z najbardziej udanych zastosowań metod sztucznej inteligencji są popularne obecnie programy do obliczeń symbolicznych przy pomocy algebry komputerowej.

Najsilniejsze ośrodki w tej dziedzinie to najlepsze amerykańskie uczelnie: MIT, Stanford, CalTech, Berkeley. W Europie uprawia się AI nie tylko na uniwersytetach (Edynburg w Szkocji i Marsylia w Francji to jedne z najlepszych ośrodków) lecz również w wielkich firmach komputerowych.

AI zajmuje się projektowaniem inteligentnych systemów, tj. wykazujących cechy podobne do cech inteligentnego działania człowieka: rozumowania, uczenia się, rozumienia języka, rozwiązywania problemów. Celem głównym jest zrobienie mądrzejszych komputerów. Celem wtórnym (dla chętnych na Nobla) jest zrozumienie czym jest inteligencja. Dla niektórych badaczy stało się to jednym z głównych celów. Pionier badań w dziedzinie AI, Allen Newell, zaproszony został w 1987 roku do prowadzenia serii niezwykle prestiżowych wykładów Williama Jamesa (najsłynniejszego amerykańskiego psychologa) na Harvard University. Przy tej okazji wygłosił swoje credo: psychologia dojrzała już do zunifikowanych teorii poznania, czyli takich teorii, które postulują spójny system mechanizmów pozwalających wyjaśnić wszystkie aspekty działania umysłu. Teorie poznania odwołują się do modeli komputerowych rozwijanych przez specjalistów od sztucznej inteligencji. Pogląd taki w dalszym ciągu uznawany jest za kontrowersyjny. Dążenia i ambicje sztucznej inteligencji jako gałęzi nauk formułuje się w dwóch wersjach:

Wersja słaba AI mówi, że komputer pozwala formułować i sprawdzać hipotezy dotyczące mózgu. W tej wersji AI nie ma wielu oponentów gdyż jest wiele dowodów na jej oczywistą przydatność. Nie ma również wątpliwości, że niektóre metody AI, chociaż odmienne od stosowanych przez układy biologiczne, pozwalają na osiągnięcie podobnych rezultatów, a więc możliwa jest komputerowa symulacja inteligentnego działania.

Wersja silna AI mówi, że komputer odpowiednio zaprogramowany jest w istotny sposób równoważny mózgowi i może mieć stany poznawcze. Wersja ta jest często atakowana i toczą się niekończące się spory filozoficzne, czy jest to w ogóle możliwe. Nie chodzi tu już tylko o symulacje inteligencji ale o osiągnięcie „prawdziwej inteligencji”, a więc czegoś, czego nikt nie potrafi do końca zdefiniować.

Takie rozróżnienie pochodzi od specjalistów w zakresie filozofii sztucznej inteligencji. Niezależnie od wyników takich dyskusji AI jest dziedziną, która może zmienić całkowicie nasz świat i z tego względu jest potencjalnie bardzo niebezpieczna. Dla badacza jest to dziedzina trochę niewdzięczna bo trudno jest znaleźć (tak jak w fizyce) proste i ładne rozwiązania, prawa inteligencji. Być może prawa takie nie istnieją, a być może jakieś są np. zasada nieoznaczoności wiążąca ścisłość wyniku (rozwiązania) z jego złożonością tj. liczbą operacji potrzebną do jego znalezienia.

Według Patrica Winston'a w rozwoju AI wyróżnić można kilka okresów, które nazywa on następująco:

Era prehistoryczna: od maszyny analitycznej Charles'a Babbage (1842) do około 1960 roku, kiedy pojawiły się powszechnie dostępne komputery.

Era romantyczna, 1960-1965, kiedy przewidywano, że AI osiągnie swoje cele w ciągu 10 lat i odniesiono sporo początkowych sukcesów.

Okres ciemności: 1965-1970, w którym niewiele się działo, opadł entuzjazm i pojawiły się głosy bardzo krytyczne.

Renesans: 1970-1975, gdy zaczęto budować pierwsze systemy doradcze, użyteczne w praktyce.

Okres partnerstwa: 1975-1980, gdy do badań nad AI wprowadzono metod z wielu nauk, np. z lingwistyki, nauk poznawczych i nauk o mózgu.

Okres komercjalizacji: 1980-1990, gdy programy AI, a szczególnie systemy doradcze i ich uniwersalne oprawy (shells), zaczęto szeroko sprzedawać komercyjnie.

W latach 90. w sztucznej inteligencji zaczęły się pojawiać systemy hybrydowe, w których używa się zarówno technik symulacyjnych, wyrastających z badań nad sieciami neuronowymi, jak i inspiracji ewolucyjnych oraz różnych form logiki, pozwalających na radzenie sobie z informacją niepewną. Pojawiły się również próby rozwiązywania problemów wymagających inteligencji na drodze symulacji dużej liczby prostych organizmów, mieszczące się w nurcie „sztucznego życia” (artificial life). Psycholodzy (np. J.J. Gibson w 1986 roku) zaproponowali nowe podejście, nazwane „inteligencją behawioralną”, w ramach którego usiłuje się wyewoluować zachowania inteligentne dzięki oddziaływaniom z naturalnym środowiskiem. Podejście to zrywa z rozpowszechnionym paradygmatem jawnej reprezentacji świata i wiedzy wewnątrz systemu. Robotycy w połowie lat 90. zaczęli robić eksperymenty z takim podejściem. Wprowadzono też „agentów programowych”, programy wykazujące złożone, autonomiczne zachowanie w sztucznym środowisku (np. w Interencie).

1.2 Kluczowe zagadnienia AI

Siłą napędową sztucznej inteligencji są liczne zastosowania programów komputerowych używanych do rozwiązywania zagadnień, które nie są efektywnie algorytmizowalne. Należą do nich następujące zagadnienia:

Rozwiązywanie problemów: gry i zagadki logiczne, techniki przewidywania w ograniczonych przestrzeniach zachowań. Główne metody to szukanie i redukcja problemów. Mistrzowskie rezultaty osiągnięto w warcabach, szachach i wielu innych grach planszowych, ale niektóre gry (np. *go*) wymagają rozwinięcia bardziej wyrafinowanych technik. Obliczenia symboliczne przy pomocy programów algebry komputerowej należą również do tej kategorii.

Rozumowanie logiczne: dowodzenie twierdzeń przez manipulowanie faktami z bazy danych zapisanych jako dyskretne struktury danych. Chociaż można tu stosować metody ścisłe szczególnie interesujące są problemy duże, w których trzeba się skupić na istotnych faktach i hipotezach, stąd zainteresowanie AI. Projektowanie układów logicznych często zawiera elementy AI.

Język naturalny: rozumienie języka, odpowiedzi na pytania w języku naturalnym, budowa baz danych z tekstów np. książek, tłumaczenie maszynowe, rozumienie mowy mówionej. Główne problemy to wiedza kontekstowa i rola oczekiwań w interpretacji znaczeń.

Programowanie: tj. programowanie automatyczne lub autoprogramowanie, opis algorytmów przy pomocy zwykłego języka, nie tylko by pisać programy automatycznie ale też by modyfikować swój własny program. Szczególnie programowanie dostępu do baz danych (programiści są dobrze opłacani, stąd próby ich wyeliminowania), na tyle proste by było zrozumiałe dla menagerów i komputerowych laików jest szybko rozwijającą się dziedziną wykorzystującą idee AI.

Uczenie się: jedno z najważniejszych inteligentnych zachowań (z rzadka wykazywane przez niektórych studentów). Jest to zagadnienie bardzo trudne i mało rozumiane. Uczenie się na przykładach, przez analogię, w klasycznych systemach AI prawie nie występuje. Uczenie maszynowe jest dość ezoterycznym, lecz bardzo ważnym działem AI.

Ekspertyza: systemy doradcze lub eksperckie, tworzone przez „inżynierów wiedzy” tj. tych, którzy znają się na reprezentacji (przechowywaniu) wiedzy, udostępniające tę wiedzę w czasie konsultacji tj. dialogu z systemem. Systemy eksperckie powinny też wyjaśnić swoje rozumowanie człowiekowi. Najpierw konieczna jest „akwizycja wiedzy”, jest to duży problem bo większość wiedzy nie jest świadoma, wynika z doświadczenia. Gotowy system powinien pozwolić na: wyjaśnienie problemu, wykonanie testów, zadawanie pytań i proponowanie rozwiązań, uzasadnienie przyjętych rozwiązań i ocenę ich wiarygodności. O systemach

ekspertowych dużo się mówi i pisze, powstało sporo drobnych systemów do różnych zastosowań, sporo „powłok”, czyli programów ułatwiających tworzenie systemów eksperckich. W codziennym użyciu jest jednak mało dużych systemów eksperckich, gdyż duże systemy są mało stabilne i powolne. Wiedza eksperta dotyczy wąskiej i dobrze zdefiniowanej dziedziny, dużo trudniej jest podrobić zdrowy rozsądek.

Robotyka i widzenie komputerowe: w tej dziedzinie tworzy się programy manipulujące kończynami robotów, optymalizujące ruchy i planowanie sekwencji czynności dla osiągnięcia odległego celu, rozpoznawanie obrazu, kształtów i cech przedmiotów. Większość robotów przemysłowych jest bardzo prymitywna. Trzeba je wyposażać we wzrok, słuch, czucie i zdolność do planowania działania - to właśnie zadania dla AI.

Systemy i języki: to narzędzia dla pracy w AI i jednocześnie jej produkty uboczne. Należą do nich języki programowania i idee używane w systemach komputerowych, np.: time-sharing czyli technika dzielenia czasu na komputerach centralnych, przetwarzanie list i interakcyjne odrobaczanie (debugowanie) są ubocznym wynikiem badań nad AI. Takie języki ogólnego użytku jak LISP, Prolog, jak również wiele języków specjalistycznych rozwinięto dla potrzeb AI.

Zagadnienia filozoficzne AI skupiają się wokół rozważań teoretycznych i spekulacji, dotyczących możliwości budowy inteligentnych maszyn. Niestety, takie spekulacje mają wpływ na finansowanie w tej dziedzinie, chociaż są to rozważania bezproduktywne i raczej szkodliwe niż pomocne. Przyjemnie jest jednak czasem pospekulować.

1.3 Status AI

Jaki jest obecny status AI? W dziedzinie tej pozostało bardzo dużo do zrobienia. W poszukiwaniu drogi do sztucznej inteligencji wyróżnić można dwie wielkie gałęzie. Klasyczna, oparta na programowaniu logicznym, próbuje opisać inteligentne działania na poziomie symbolicznym, a więc zrozumieć funkcjonowanie inteligencji koncepcyjnie. Podejście takie zostało dogłębnie skrytykowane przez wielu autorów (np. H. Dreyfus, *What Computer Still Can't Do*, MIT Press 1972-92), porównywano je bardziej do alchemii niż nauki. Druga gałąź, modelująca działanie mózgu, bliższa jest symulacjom niż rozważaniom logicznym. Takie podejście prowadzi do uczenia modeli bez możliwości szczegółowej analizy ich działania w terminach symbolicznych. Być może nieprędko poznamy szczegółowe mechanizmy działania mózgu, ale możemy nauczyć się budować podobne sztuczne struktury. Rozważania tego typu prowadzą prosto do głębokich pytań filozoficznych, dotyczących natury rozumienia. Do pytań tych wrócimy na krótko przy końcu tego wykładu.

Przyjrzyjmy się teraz kilku większym projektom w dziedzinie sztucznej inteligencji.

1.1.3. Piąta generacja komputerów

Japońskie „Ministry of International Trade and Industry” (MITI) ogłosiło w czerwcu 1982 program budowy „Knowledge Information Processing Systems (KIPS)” prowadzony przez *Institute for New Generation of Computer Technology (ICOT)*, z budżetem rządu miliardadolarów na 10 lat. Dyrektorem tego programu został Kazuhiro Fukui, zatrudniono około 40 młodych (<35 lat) ludzi z różnych firm komputerowych. Poprzedni program, który zainicjowało MITI to: National Super-Speed Computer Project (przy udziale Fujitsu, Hitachi, NEC, Mitsubishi, Oki, Toshiba) był bardzo udany, pozwolił japończykom wyraźnie wysunąć się nawet przed najlepsze firmy amerykańskie w dziedzinie konstrukcji superszybkich komputerów. Celem budowy komputerów 5 generacji było zbudowanie maszyn wykonujących 0.1 do 1 mld LIPS (logical inferences per second, czyli logicznych wniosków na sekundę). Program oparty został na języku ProLog (Programming in Logic), języku opracowanym w Marsylii i dopracowanym w Edynburgu (w Szkocji). Za cel postawiono sobie tłumaczenie w oparciu o słownik rządu 100000 słów z japońskiego na angielski z dokładnością 90%, rozumienie ciągłej mowy w zakresie 50000 słów z dokładnością 95%, dialog z maszyną w języku naturalnym, stworzenie systemów eksperckich korzystających z 10000 reguł wnioskowania. W ramach programu „Pattern Information Processing National Systems” (PIPS) zmierzano do możliwości analizy obrazów przy 100000 obrazów w pamięci. program ten łączy się z „Robotic National Program”, wymagającym również analizy obrazów na wielką skalę. W latach 90-tych KIPS mają być „centralnym narzędziem we wszystkich dziedzinach społecznej działalności, włączając w to ekonomię, przemysł, kulturę, życie codzienne”.

Program przedłużono o 2 lata i zakończono oficjalnie w grudniu 1994 roku (sprawozdanie z konferencji końcowej opublikowałem w *ComputerWorld* 3/1995, 16.01.1995). Chociaż przyniósł szereg ciekawych

rezultatów, przyczyniając się do rozwoju metod programowania opartych na logice matematycznej, trudno uznać go za wielki sukces. Wiele z jego założeń nie zostało zrealizowanych, niektóre istnieją tylko w fazie eksperymentalnej. Nie ma wątpliwości, że cele powoli zostaną osiągnięte, być może jednak skupienie się na podejściu symbolicznym, oparcie na Prologu i logice, nie pozwala na osiągnięcie tak ambitnych zmierzeń. Zrezygnowano z pierwotnych, ambitnych zamierzeń programu, nikt o nich nawet na konferencji końcowej nie wspominał. Obecne cele projektu nie rozpalają już wyobraźni milionów z naukowego punktu widzenia są jednak bardzo ciekawe i bardziej konkretne. W ostatnich dwóch latach swojego istnienia ICOT skupił się na rozpowszechnianiu rezultatów uzyskanych w ramach projektu piątej generacji - jest to ponad tysiąc prac naukowych i prawie sto systemów oprogramowania, dostępnych za darmo przez sieć komputerową lub na CD-ROMie rozpowszechnianym przez ICOT. Podjęto duży wysiłek przeniesienia oprogramowania z nietypowego sprzętu komputerowego, częściowo zbudowanego w ramach projektu piątej generacji, na typowe stacje robocze pracujące w systemie Unix. Bardzo rozwinięto systemy równoległego i rozproszonego przetwarzania wiedzy oraz systemy równoległego wnioskowania (PIM, Parallel Inference Machines). Systemy takie znajdują zastosowanie przy konstrukcji rozproszonych baz danych.

Z osiągnięć projektu piątej generacji prezentowanych szczegółowo w czasie konferencji warto wymienić:

- 1) Obiektowo zorientowane języki do reprezentacji wiedzy: KL1, KLIC i QUIXOTE, pozwalające na opis skomplikowanych fragmentów wiedzy, np. dotyczących reakcji biologicznych czy zagadnień prawnych. System KLIC działa na stacjach roboczych i komputerach równoległych tworząc z opisu wiedzy w języku KL1 program w języku C.
- 2) MGTP, program do dowodzenia twierdzeń działający na wieloprocessorowych komputerach w środowisku PIMOS (Parallel Inference Machine Operating System). Jest to jeden z najciekawszych rezultatów projektu piątej generacji, gdyż przy jego pomocy udało się rozwiązać pewne zagadnienia matematyczne (udowodnić istnienie pewnych kwazigrup). Ponieważ dowodzenie twierdzeń matematycznych jest bardzo trudne i wielu matematyków ma wątpliwości, czy w ogóle możliwe, osiągnięcie interesujących rezultatów w tym zakresie wzbudziło znaczne zainteresowanie na świecie. System MGTP korzysta z logiki pierwszego rzędu i na maszynie o 256 procesorach działa 200 razy szybciej niż na pojedynczym procesorze.
- 3) Bardzo interesujące rezultaty osiągnięto w genetyce i biologii molekularnej. Systemy przetwarzania wiedzy stają się niezbędnym narzędziem w projekcie mapowania ludzkiego genomu. Na konferencję przyjechało kilku amerykańskich naukowców określających się jako „biolodzy komputerowi,” specjalnie na sesję poświęconą systemom reprezentacji wiedzy w genetyce. Metody stosowane w tej dziedzinie nie mają jednak wiele wspólnego z klasycznymi metodami sztucznej inteligencji a raczej bazują na postępach w teorii optymalizacji, algorytmach genetycznych, teorii gramatyk formalnych i teorii kompilacji.
- 4) Za najbardziej inteligentne oprogramowanie stworzone w ramach projektu piątej generacji uznano system Helic-II przeznaczony dla symulacji rozważań prawników, dyskusji między prokuratorem i adwokatem, interpretacji przepisów prawnych, intencji oskarżonych i symulacji rozumowania sędziego.
- 5) Z praktycznego punktu widzenia bardzo ważne są zagadnienia dużych, rozproszonych baz danych multimedialnych, poszukiwanie informacji w takich bazach danych i próba organizacji wiedzy w nich zawartej.
- 6) Przedstawiono również ciekawe rezultaty dotyczące komputerowo wspomaganego projektowania (CAD) z wykorzystywaniem wnioskowania logicznego na masowo równoległych komputerach.

W 1992 roku zainaugurowano inny, przewidziany na 10 lat projekt japoński: RWCP, Real World Computing Partnership. Jego celem jest stworzenie systemów przetwarzania informacji przydatnych w trudnych zagadnieniach praktycznych. Z pięciu centralnych tematów badawczych projektu RWCP jedynie projekty masowego przetwarzania równoległego nawiązują bezpośrednio do projektu komputerów piątej generacji, częściowo wiąże się z nim również integracja symbolicznego i neuronalnego przetwarzania informacji. Nowym tematem są komputery optyczne. Pozostałe tematy badawcze wiążą się bardziej z badaniem funkcji poznawczych mózgu, modelowaniem sieci neuronowych i reprezentacją informacji źle lub nieprecyzyjnie określonej, niż z podejściem logicznym. Do osiągnięcia prawdziwej inteligencji potrzebne okazało się bardziej intuicyjne podejście wykorzystujące możliwości uczenia się systemów zdolnych do adaptacji i to właśnie jest celem RWCP.

1.2.3. Projekty amerykańskie.

Najsilniejsze ośrodki naukowe zajmujące się sztuczną inteligencją są w Stanach Zjednoczonych. Ośrodki uniwersyteckie nie mają zwykle dostatecznych funduszy by prowadzić naprawdę duże, ambitne projekty zakrojone na wiele lat. IBM, wydający w połowie lat 80-tych 5 mld \$ na badania naukowe, do 1986 roku trzymał się z dala od metod sztucznej inteligencji. Amerykanie mają problemy prawne z koordynacją zadań pomiędzy dużymi firmami ze względu na ustawę antytrustową, trudno jest więc im konkurować z japończykami. Większość projektów AI finansowanych jest przez ARPA (Advanced Research Projects Agency of Department of Defense), a więc programy wojskowe, zainteresowane głównie budową automatycznych czołgów!

Strategic Computing Plan, na który przeznaczono 600 mln \$ od 1984 roku był zakrojonym na 5 lat programem związanym z rozwojem superkomputerów. W 1983 powołano w Austin, Texas, Microelectronic and Computer Technology Corporation (MCC), w którym uczestniczyło początkowo 14 firm (bez IBM). Organizacja ta zajmuje się nie tylko sztuczną inteligencją ale i CAD/CAM, superkomputerami, obwodami scalonymi, oprogramowaniem narzędziowym. W 1991 roku Amerykanie rozpoczęli finansowaną przez rząd „inicjatywę superkomputerową” (supercomputing initiative), chcąc obronić się przed japończykami, robiącymi obecnie najszybsze procesory do superkomputerów. Jej naczelnym hasłem jest budowa superkomputerów o szybkościach działania rzędu bilionów operacji na sekundę (teraflop computer) i sieci komputerowych o szybkościach przesyłania danych rzędu miliardów bitów (gigabit networks).

Jednym z najciekawszych projektów amerykańskich finansowanych przez MCC jest ogromny system ekspertowy, znany pod akronimem CYC. Projekt ten realizowany jest od 1984 roku. Douglas Lenat, kierownik projektu, ocenia liczbę reguł systemu mogącego posługiwać się „zdrowym rozsądkiem”, czyli nadającego się do rozmowy na każdy temat, na rzędu 100 milionów! System CYC zawiera w podstawowej wersji ponad milion reguł. Jest to pierwszy projekt na tak dużą skalę, wydawał się na początku bardzo ryzykowny, gdyż kwestionowano stabilność takiego systemu i jego przydatność. Teraz baza wiedzy tego projektu jest coraz bardziej w cenie a Lenat przewiduje, że na początku przyszłego wieku nikt nie będzie chciał używać komputerów bez zdrowego rozsądku. Od 1995 roku utworzył on firmę komercyjną, zajmującą się dalszym rozwojem i zastosowaniami tego systemu.

1.3.3. Projekty europejskie.

W Anglii do 1973 wykonano sporo interesujących prac w dziedzinie sztucznej inteligencji ale po raporcie matematyka Sir Jamesa Lighthilla obcięto fundusze uznając, że w dziedzinie tej postęp nie będzie możliwy. Dopiero po roku 1982 badania nad sztuczną inteligencją powróciły do łask instytucji finansujących działalność naukową, ale Anglia straciła sporo dobrych badaczy na rzecz USA. Jedynie nieliczne uniwersytety kontynuowały prace ukrywając je pod przykrywką ogólnego rozwoju informatyki. Jednocześnie w Anglii, jako jednym z nielicznych krajów w Europie, rozwinęło się kilka dobrych ośrodków naukowych (Edynburg, Sussex) w dziedzinie nauk kognitywnych.

Prezydent Mitterand w 1982 roku ogłosił program wysunięcia się Francji na czoło w komunikacji, robotyce i sztucznej inteligencji. Zamierzano już w 1990 roku otrzymywać 20% produkcji dzięki robotom. Jednym z projektów jest również stworzenie inteligentnej encyklopedii (pierwsza encyklopedia, wydana przez Diderota, powstała właśnie we Francji). Terminale telefoniczne (Minitel jest najbardziej rozpowszechnionym na świecie systemem tego typu) umożliwiają dostęp do wielu baz danych. W Paryżu powstał też „World Center for High Technology and Human Resources”, mający na celu udostępniać rozwiniętą technologię krajom 3 świata. W wielu dziedzinach informatyki ośrodki francuskie należą do najlepszych na świecie.

Kraje EWG mają też swoje wspólne, duże projekty. Należy do nich ESPRIT -European Strategic Program for Resources in Information Technology, w ramach którego pracuje się nad mikroelektroniką, robotyką, AI, oprogramowaniem. Początkowo był to program 5-cioletni, rozpoczęty w 1983 roku, z centrum w Bawarii. Biorą w nim udział politechniki, uniwersytety i duże firmy europejskie zajmujące się technologią informatyczną. Program został przedłużony i prawdopodobnie będzie kontynuowany przez bardzo długi okres czasu.

1.4 Nauczanie AI

Metod sztucznej inteligencji naucza się na studiach informatycznych. Przykładowy programu nauczania wstępu

do zagadnień AI (kurs Computing Science 350: Introduction to Artificial Intelligence, Simon Fraser University, Vancouver 1991) zawiera następujące elementy:

- AI jako nauka, jej historia i cele. Przykłady teorii i zastosowań.
- Rozwiązywanie problemów, specyfikacja i metodologia. Reprezentacja w przestrzeni stanów i redukcja problemu; szukanie heurystyczne; spełnianie ograniczeń.
- Gry, drzewa decyzji, poszukiwanie mini-max i jego usprawnienia.
- Reprezentacja i rozumowanie dla zagadnień statycznych: logika pierwszego rzędu, rezolucja, zaprzeczenie, strategie dowodzenia twierdzeń.
- Reprezentacja i rozumowanie dla zagadnień dynamicznych: planowanie, reprezentacja w przestrzeni stanów dla skończonych i nieskończonych przestrzeni, reprezentacja działań.
- Zaawansowane metody reprezentacji i rozumowania: wiedza niepełna, prawdopodobieństwo, specjalne metody wnioskowania, rozumowanie i logika niemonotoniczna.
- Rozumienie języka naturalnego: syntaktyka, semantyka, pragmatyka, ATN, definicje kategorii gramatycznych
- Systemy ekspertowe, koncepcje z inżynierii wiedzy, programy doradzające i rozwiązujące.

Ten wykład zawiera dodatkowo informacje o metodach uczenia maszynowego, specyficznej i często pomijanej, ale bardzo ważnej gałęzi sztucznej inteligencji.

LITERATURA

Encyclopedia of Artificial Intelligence, ed. S. Shapiro (J. Wiley and Sons, 1987)

Handbook of Artificial Intelligence, Vol. I-IV, red. A. Barr, E.A. Feigenbaum (HeurisTech Press, Stanford, CA, 1980-1984).

AI in the 1980s and beyond, an MIT survey, eds. W. E. Grimson, R.S. Patil (MIT Press, Cambridge, MA 1987)

J. Chromiec, E. Strzemieczna, *Sztuczna inteligencja. Podstawowe metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich*. (Akademicka Oficyna wydawnicza, Warszawa 1994)

E. Chwiałkowska, *Sztuczna Inteligencja w Systemach Eksperckich (MIKOM 1991)*

J.J. Gibson, *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin, Boston, MA.

Z. Hippe, *Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w chemii* (PWN, Warszawa 1993)

J. Mulawka, *Sztuczna Inteligencja* (1995)

A. Newell, *Unified Theories of Cognition* (Harvard Univeristy Press 1990)

N.J. Nilsson, *Principles of Artificial Intelligence* (Tioga Pub. Co, Palo Alto, CA, 1980)

E. Rich, K. Knight, *Artificial Intelligence* (McGraw Hill Inc, Int'l Edition 1991)

P. Winston, *Artificial Intelligence* (3rd ed, Addison Wesley 1992)