

Halina Kwaśnicka, dr hab. inż.
Wydziałowy Zakład Informatyki
Politechnika Wrocławska, Wrocław

SZTUCZNA INTELIGENCJA – MEANDRY PRZESZŁOŚCI I KIERUNKI DALSZEGO ROZWOJU

Streszczenie

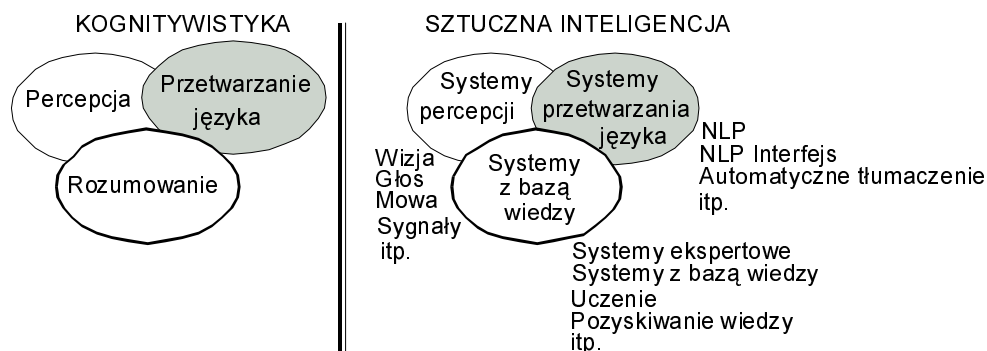
Sztuczna inteligencja to dziedzina, która wciąż wzbudza kontrowersje. Niezależnie od filozoficznych dyskusji na temat, czy maszyna może być inteligentna, w ostatnich latach obserwuje się wzrost zastosowań systemów informatycznych, w których zawarta jest inteligencja wzorowana na inteligencji człowieka. Niniejsze opracowanie prezentuje, z konieczności bardzo krótko, dotychczasowy rozwój sztucznej inteligencji oraz wyłaniający się nowy paradygmat – hybrydyzacja różnych technik, połączenie symbolicznego i numerycznego przetwarzania, mniej reprezentacji wiedzy.

1. Wprowadzenie

Mówiąc – w ujęciu historycznym i perspektywicznym – o sztucznej inteligencji (skrót **AI**, od ang. *Artificial Intelligence*) należałoby rozpocząć od próby jej zdefiniowania. Wg Encyklopedii PWN, *sztuczna inteligencja jest to rozwiązywanie problemów sposobami wzorowanymi na naturalnych działaniach i procesach poznawczych człowieka za pomocą symulujących je programów komputerowych*. R.I. Schalkoff [14] definiuje szeroko sztuczną inteligencję jako *dziedzinę badań, które usiłują wyjaśnić i naśladować zachowanie inteligentne w terminach procesów obliczeniowych*. Widać tu interdyscyplinarną naturę **AI**: nie jest ona czystą nauką (część objaśniająca) ani tylko podstawą nowatorskiej, inżynierskiej dyscypliny (część emulacyjna). Oba punkty widzenia obejmuje stwierdzenie, iż *celem AI jest zrozumienie inteligencji, aby możliwe było wykorzystanie jej do prowadzenia obliczeń*.

Można znaleźć wiele definicji sztucznej inteligencji [11,7,12,14], jednakże wszystkie one mówią o tym, iż *AI jest próbą modelowania aspektów ludzkiego rozumowania (myślenia) za pomocą komputerów, czy też próbą rozwiązywania za pomocą komputera takich problemów, które człowiek rozwiązuje szybciej*. Termin *Artificial Intelligence* zaproponował J. McCarty w 1956 roku, na konferencji w Dartmouth [18].

Jak wynika z powyższych definicji, **AI** to szeroka dziedzina. W podręcznikach można spotkać różne jej podziały na poddziedziny [10,13,6]. B.H. Far [6] dzieli **AI** w analogii do kognitywistyki (Rys. 1). W związku z brakiem powszechnie uznanego podziału sztucznej inteligencji na poddziedziny, uzasadnione wydaje się uwzględnianie dwóch kryteriów: (1) klasę zadań rozwiązywanych w ramach szeroko rozumianej **AI** (zastosowania), oraz (2) stosowaną technikę.



Rysunek 1. Odpowiadające sobie subdyscypliny kognitywistyki¹ i AI

Wg kryterium (1), można za J. Mulawką, ([13], str. 18) podać następujący zakres **AI**:

- rozwiązywanie problemów i strategie przeszukiwań,
- teoria gier,
- automatyczne dowodzenie twierdzeń,
- przetwarzanie języka naturalnego (włączając przetwarzanie mowy),
- systemy ekspertowe,
- robotyka,
- procesy percepcji (wizja, słuch, dotyk),
- uczenie się maszyn,
- wyszukiwanie informacji (inteligentne bazy danych),
- programowanie automatyczne.

Wśród technik sztucznej inteligencji wyróżnić można (za [11]):

- Systemy ekspertowe (systemy z bazą wiedzy) **ES**,
- Sieci neuronowe **NN**,
- Systemy rozmyte **FS**,
- Wnioskowanie na podstawie przykładów **CBR**, (szerzej – można powiedzieć o metodach automatycznego uczenia się),
- Inteligentne systemy informacyjne **IIS**,
- Algorytmy genetyczne **GA** (i inne metaheurystyki, jak np. symulowane wyżarzanie)

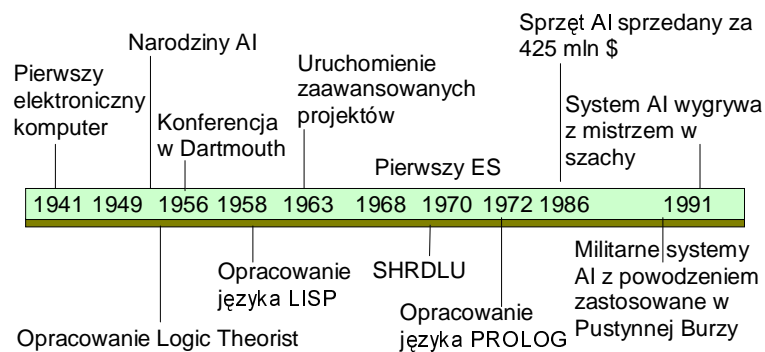
Techniki te mogą być stosowane przy rozwiązywaniu zadań z wyżej wymienionych klas.

2. Rozwój sztucznej inteligencji – ujęcie historyczne

Początków sztucznej inteligencji można upatrywać w odległych wiekach, nawet u starożytnych filozofów, kiedy to 1000 lat p.n.e. astrologowie badali wzajemne relacje w systemie planetarnym w trzech ortogonalnych wymiarach [2]. Arystoteles (300 lat p.n.e.) z jego badaniami znaczenia i sensu człowieczeństwa, Descartes (1637) – myślę, więc jestem – to podwaliny filozofii, na której również opiera się **AI**. Bliższy dzisiejszej **AI** jest Charles Babbage (1792-1871), rozważał on możliwość wykorzystania

¹ „Mianem *Nauk Kognitywnych* określa się badania nad zespołem zagadnień, których wspólnym mianownikiem są procesy poznawcze człowieka i ich modele. ... Nauki kognitywne obejmują psychologię poznawczą, neurofizjologię, fizykę umysłu, lingwistykę kognitywną, logikę, informatykę, filozofię umysłu i kilka innych dyscyplin.” W. Duch, <http://www.uni.torun.pl/~cogsci/coto.html>

„Mechanizmu Analizy” do gry w szachy. Wróćmy jednak do początków współczesnej **AI**.



Rysunek 2. Wybrane wydarzenia z rozwoju AI

Rys. 2. pokazuje schemat wybranych wydarzeń w rozwoju **AI** (na podstawie [1,2, 5,7,17,18] i in.). Lata pięćdziesiąte naszego stulecia w rozwoju **AI** nazywane bywają *średniowieczem* [5] lub – okresem *sieci neuronowych* [7].

W 1943 roku McCulloch i Pitts zaproponowali, by inteligencję tworzyć za pomocą architektury sieci neuronowych. W 1950 r. A. Turing (1912-1954) zaproponował tzw. test pozwalający stwierdzić, czy dany program jest inteligentny. Ideę tego testu pokazuje rys. 3.



Rysunek 3. Idea „Testu Turinga”

Norbert Wiener (1948) głosił teorię, wg której każde inteligentne zachowanie jest wynikiem mechanizmów sprzężenia zwrotnego (które mogą być symulowane na maszynach). Za pierwszy program **AI** wiele osób uznaje system *The Logic Theorist* (1955r., Newell, Simon). Na uwagę zasługują prace Chomsky’ego (*Syntactic Structures*) nad rozumieniem języka naturalnego. Dalej

badania idą w kierunku tworzenia efektywnego rozwiązywania problemów poprzez ograniczanie przeszukiwań GPS (*The General Problem Solver*, 1957). Równocześnie prowadzono prace nad imitacją mózgu – rozwojem **NN**, kluczowy system to PERCEPTRON (Rosenblatt, 1959). Pracom towarzyszył duży entuzjazm, ale ani sprzęt, ani oprogramowanie nie było wystarczające do takich zadań.

Lata sześćdziesiąte to wiek *rozumowania* lub *heurystycznych przeszukiwań*. Pionierzy tego podejścia to A. Newell i H. Simon, którzy szczególnie nacisk kładli na heurystyczne poszukiwanie. Początek lat sześćdziesiątych to dobry okres dla **AI**. W 1963 r. ARPA² przeznaczyła dużą kwotę dla MIT na prace w dziedzinie **AI**. W 1965 r. rozpoczęto prace nad systemem ekspertowym DENDRAL, rok później powstaje ELIZA, komputerowy ‘psychoterapeuta’. Późniejsze lata są gorsze, zwłaszcza rok

² Advanced Research Projects Agency

1966 – trudności z maszynowym translatoem, rok 1969 – obcięcie finansów na badania w zakresie NN.

Kolejna dekada, to *okres romantyczny* lub *‘wiedza jest siłą’*. To, co ludzki specjalista wydaje się mieć, to *‘know-how’*. Tak zrodził się *system ekspertowy (ES)* – karykatura ludzkiego eksperta. T. Winograd opracował system o nazwie SHRDLU (1970r.) – niewielkie osiągnięcie w dziedzinie przetwarzania języka naturalnego. Rok 1972 jest podobny do 1966. Dotychczasowe niepowodzenia (przy nadmiernych oczekiwaniach) oraz ostra krytyka Dreyfus’a³ i innych, doprowadzają do znacznego obciążenia funduszy na rozwój AI (zwłaszcza w USA, gdzie DARPA⁴ przestała finansować projekt na temat robotyki w Stanford). W 1976 r. DARPA zaprzestała też finansowania badań nad rozumieniem mowy. AI miała już jednak swoich pasjonatów. Feingebaum i in. zintensyfikowali prace nad systemami ekspertowymi (DENDRAL, MYCIN i jego ‘klony’, PROSPECTOR). W połowie dekady nastąpił też powrót do badań nad NN, kontynuowano badania nad rozpoznawaniem obrazów. Powstaje (D. Lenat) automatyczny matematyk (Automated Mathematician, 1976). Dekada kończy się przygotowaniem do pierwszej konferencji poświęconej AI (Stanford, 1980).

Lata osiemdziesiąte to *okres komercjalizacji* lub *systemy percepcji*. W tym czasie nastąpiło przesunięcie AI w kierunku sektora korporacji [17]. Tworzono ES na zamówienie (ocenia się, że w 1987r. pracowało ok. 1900 ES [18]). J. Hopfield ‘reanimuje’ NN. DARPA (1983r. Strategic Computing Initiative) przeznacza dla AI 600mln dolarów na pięć lat. Prace Minsky’ego i Marr’a pozwoliły na rozwój systemów wizyjnych, połączenie kamery z komputerami. W latach 1986-87 zapotrzebowanie na systemy z AI znacznie spadło. Rozczarowaniem był finansowany przez DARPA projekt z robotyki – „smart truck”, w 1989 r. cofnięto finansowanie. Niezależnie od powyższych wydarzeń, AI powoli odzyskiwała siły. W czasie operacji „Pustynna Burza” amerykańska armia przetestowała sprzęt z AI. Wzrastało również zainteresowanie produktami z AI w gospodarstwach domowych, duże uznanie znalazły wideokamery i inny sprzęt z logiką rozmytą.

Mówiąc o latach 80. nie sposób nie wspomnieć roku 1984 i Doug’a Lenat’a. W 1984r., w MCC⁵ D. Lenat zaczął program “CYC” (nazwa od EnCYClopedia) – tworzenie encyklopedii podstawowej wiedzy zdroworozsądkowej. Realizacja projektu miała trwać 10 lat i kosztować

³ Dreyfus publikuje pracę *Czego komputery nie mogą zrobić*. Mówi: Uczni w MIT skonstruowali ramię robota, ale zadanie układania klocków było zbyt trudne dla niego. Robot zaczął budowę wieży z klocków od górnego klocka, układał go na danej wysokości i puszczal. W Edynburgu nauczono komputer rozpoznawać filizankę, rozpoznawanie trwało 10 minut. Poruszanie się i widzenie (robot w Stanford University): 15 minut myślenia dla jednego ruchu.

⁴ Defence Advanced Research Project Agency.

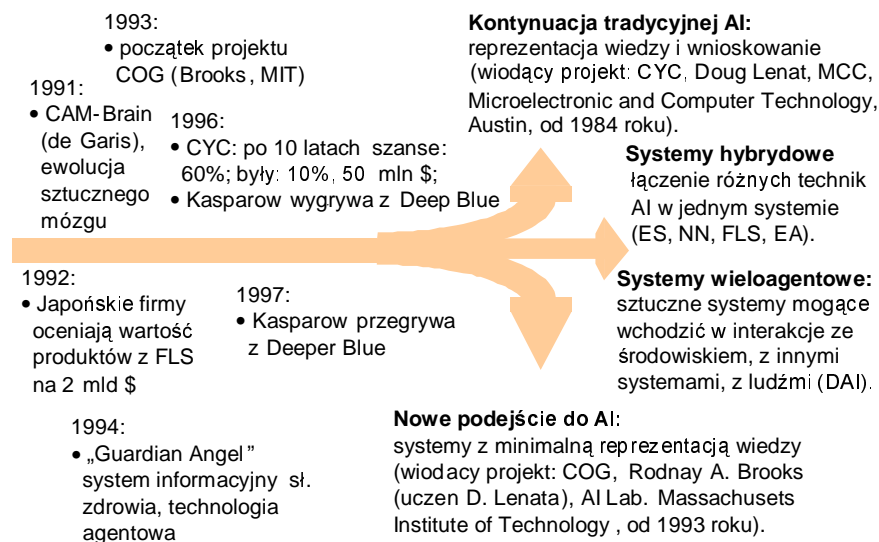
⁵ Microelectronics and Computer Technology Corporation w Austin (Cycorp, <http://www.cyc.com>).

50mln. dolarów. Zaczynając projekt Lenat oceniał szansę sukcesu na 10%, po 10 latach oceniał ją na 60%.

Lata dziewięćdziesiąte – *hybrydyzacja* lub *gotyckie przebudzenie*. Historia **AI** zatoczyła koło, jako że lata 90. powracają do obliczeń neuronowych. Kontynuowane są prace nad ‘komputerowym szachistą’. 17 lutego 1996 roku Gari Kasparow wygrał w szachy z Deep Blue, superkomputerem IBM, budowanym przez 5 lat, kosztującym 2,5 mln dolarów. Maj 1997 rok – G. Kasparow przegrywa z Deeper Blue. W tle tych wszystkich prac, zaczynają pojawiać się nowe podejścia.

3. Ostatnie lata w sztucznej inteligencji – zmiana paradygmatu

Kierunki prac, jakie obserwuje się ostatnio w ramach **AI** pokazuje rys. 4. Następuje zmiana paradygmatu z obliczeń symbolicznych na połączenie obliczeń symbolicznych i numerycznych oraz na podejście zwane hasłowo ‘mniej reprezentacji wiedzy’.



Rysunek 4. Obserwowane trendy rozwoju AI

Przedstawicielem kontynuacji tradycyjnego podejścia, w którym nacisk kładzie się na pozyskanie wiedzy, jej formalizację i metody przetwarzania, jest wspomniany już wcześniej projekt CYC. CYC obejmuje 6 składników:⁶ baza wiedzy (VLKB, *Very Large Knowledge Base*), mechanizm wnioskujący, język reprezentacji wiedzy (CYCL), podsystem przetwarzania języka naturalnego, szyna integracji semantycznej, zestaw narzędzi dla rozwoju systemu. Wiedza (reprezentacja ramowa) podzielona jest na mikroteorie – zbiory stwierdzeń i terminów bazujących na wspólnych założeniach.⁷ Mikroteorie dzielone są na dziedziny wiedzy, poziomy

⁶ Schemat serwera wiedzy systemu CYC można znaleźć na stronie <http://www.cyc.com/products2.html>.

⁷ Cytując twórcę projektu: „*sea of assertions, with each assertion being no more „about” one of the terms involved than another.*” Reguła jest tu też stwierdzeniem.

szczególności, czy przedziały czasowe. Chodzi o zwiększenie wydajności mechanizmu wnioskowania i ułatwienie identyfikacji sprzeczności.

Hybrydowe systemy inteligentne to systemy, w których zastosowano połączone techniki logiki rozmytej (FL), obliczeń neuronowych (NN), algorytmów genetycznych (GA) i innych adekwatnych dla zadania metod, aby uzyskać wysoki maszynowy iloraz inteligencji.⁸

Modele integrowania systemów inteligentnych (za [11]):

1. Pełna integracja (*full integration*) – systemy dzielą struktury danych i reprezentację wiedzy. Np. NN otrzymuje cechy z sensorów i dane o środowisku z ES, produkuje na tej podstawie wstępną klasę obiektu, którą następnie ES dopracowuje (*refine*).
2. Zwarte systemy (*tight coupling*) – niezależnie stosowane składniki (ES i NN) przekazują sobie informacje poprzez struktury danych w pamięci.
3. Luźno połączone (*loose coupling*) – są zintegrowanymi systemami, aplikacja jest dekomponowana na dwa inteligentne systemy, które komunikują się ze sobą przez pliki danych (preprocessing, itp.).
4. Oddzielne systemy (*stand alone*) – systemy działają niezależnie, możliwość porównania efektywności metod, weryfikacja rozwiązań. Wymaga nadmiarowości przetwarzania.
5. Przemieniające się (*transformational*) – też niezależne systemy, jednakże tu system zaczyna się jako jeden typ, a kończy jako drugi typ.

W literaturze znajduje się wiele przykładów systemów hybrydowych [11,3]. Można tu wymienić podwodny robot do spawania SCruFFFy (Hendler i Dickens, 1991), zwarty system NN i ES steruje temperaturą podwodnego robota spawającego. Hybrydowym systemem jest też LAM (Foss, 1994), luźno związany system kilku ES i NN, ułatwia projektowanie szkła okiennego o zadanych wymaganiach na odporność strukturalną, obciążenia hydrostatyczne, tłumienie dźwięków i kontrolę nasłonecznienia.

Wieloagentowe systemy inteligentne składają się z pewnej liczby inteligentnych *agentów*. *Agent* jest to system komputerowy, umieszczony w pewnym *środowisku*, zdolny do *autonomicznego działania* w tym środowisku w celu osiągnięcia założeń projektowych [20]. Autonomia agenta jest rozumiana jako zdolność do działania bez interwencji ludzi bądź innych systemów oraz do kontroli swojego stanu i zachowania. *Inteligentny agent* to taki, który w celu spełnienia założeń projektowych jest zdolny do elastycznego i autonomicznego działania. Elastyczność oznacza:

- pro-aktywność: agenci podejmują inicjatywę by zrealizować cele,
- zdolność reagowania: obserwacja środowiska i w porę odpowiadanie na zachodzące w nim zmiany,

⁸ Dobrze byłoby posiadać miarę inteligencji systemów komputerowych, nie wiadomo jednak jak definiować taki maszynowy iloraz inteligencji MIQ (Machine Intelligence Quotient)

- zdolność do interakcji: współdziałanie z innymi agentami (także ludźmi).

Mianem *agentów* określa się zarówno obiekty fizyczne (np. fizycznie zrealizowane roboty), jak i systemy komputerowe.

Systemy wieloagentowe, to systemy, w których każdy agent ma w swoim otoczeniu

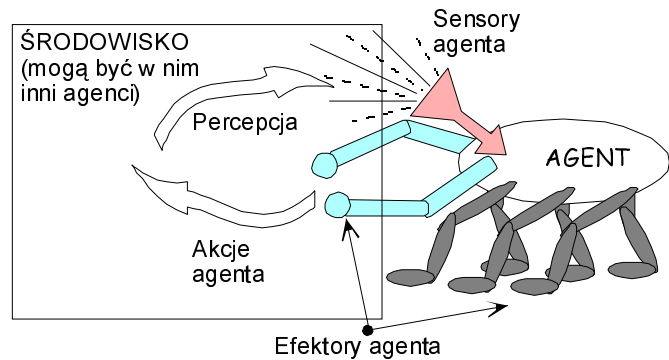
nie tylko środowisko, ale i innych agentów, z którymi wchodzi w interakcje. Często mówi się o *agentach zespołowych* – są to sztuczni uczestnicy, którzy wykonują specjalistyczne funkcje w otoczeniu grupy.⁹

W kategorii agentów zespołowych wyróżniamy trzy grupy:

- *agenci autonomiczni*, działają samotnie na niezależnych podzadaniach,
- *agenci jednego użytkownika*, (np. agent interfejsu użytkownika) współdziałają z jednym z uczestników grupy,
- *agenci grupowi*, współdziałają z kilkoma członkami grup, potrzebują dobrej znajomości celów, struktur i osobowości grupy, oraz swojej roli w grupie.

Przykładem systemu wieloagentowego jest **system zarządzający sytuacjami wyjątkowymi środowiska** [20]. Sytuacja wyjątkowa środowiska wiąże się z negatywnymi zdarzeniami – są to sytuacje awaryjne, mogące powodować straty w ludziach i sprzęcie (pożar lasu, powódź lub ulatnianie się gazów z zakładów chemicznych). Stosowanie zaawansowanych systemów z wbudowanymi technikami **AI** ułatwiłoby efektywne i bezpieczne zarządzanie. Propozycja takiego systemu powstała w latach sześćdziesiątych, aktualne zaawansowanie modelowania wiedzy pozwala oczekiwać, że zastosowane będą lepsze techniki, co polepszy strukturyzację systemu. Unia Europejska popiera prace nad aplikacjami stosującymi takie właśnie podejścia w kilku projektach.¹⁰

Mniej reprezentacji, stopniowe uczenie się, to nowy paradygmat obecny w m.in. w projekcie ucznia D. Lenat'a – Rodney A. Brooks'a, rozpoczętym latem 1993r. projekt o nazwie COG,¹¹ którego celem jest zbudowanie robota podobnego do człowieka [4]. Opierając się na badaniach, COG korzysta z czterech kluczowych aspektów ludzkiej inteligencji, są to: zdolność do rozwoju (*developmental organization*), interakcje społeczne



Rysunek 5. Inteligentny agent

⁹ Definiowaniem i rozpowszechnianiem standardów dla systemów opartych na agentach zajmują się dwie organizacje: NIIP – National Industrial Information Infrastructure Protocols Program, oraz FIPA – Foundation for Intelligent Physical Agents.

¹⁰ Np. projekt ARTEMIS w obszarze *Teleinformatyka dla Środowiska*, związany z zarządzaniem przy ulatnianiu się gazów i powodziach.

¹¹ Artificial Intelligence Laboratory w Massachusetts Institute of Technology.

(*social interactions*), fizyczne interakcje (*embodiment and physical coupling*), integracja różnych sposobów i podejść (*multimodal integration*).

Zdolność do rozwoju: człowiek nie rodzi się z kompletnym systemem rozumowania, motorycznym, sensorycznym. Podczas dorastania podlega procesowi rozwoju, w tym czasie wykonuje stopniowo coraz to trudniejsze zadania w coraz to bardziej złożonym środowisku. Budowa systemu z jego stopniowym rozwojem ułatwia proces uczenia przez dekompozycję umiejętności i stopniowy wzrost złożoności zadań tak, by dopasowane one były do bieżących kompetencji systemu. Podobną technikę ‘bootstrappingu’¹² zastosowano przy realizacji projektu COG.

Interakcje społeczne: dziecko w bardzo dużym stopniu zależy od jego opiekunów, wymaga ich pielęgnacji i opieki, ale też potrzebuje ich do rozwoju. Włączając interakcje społeczne do systemów AI, dostarcza się nie tylko naturalnych środków do interakcji człowiek-komputer, ale też mechanizmów dla stopniowego osiągania złożonych zachowań. Celem programu jest badanie społecznych interakcji zarówno jako środka dla samorozwoju, jak i przykładu postępu rozwojowego. Interakcje społeczne mogą być środkiem ułatwiającym uczenie – uczenie z mimiki lub poprzez imitację, uczenie od nauczyciela, poprzez system zabezpieczeń – dorosły manipuluje interakcjami dziecka ze środowiskiem, aby przysposabiało ono nowe umiejętności. Realizatorzy projektu zbudowali system, który może rozpoznawać i reagować na kontakt wzrokowy: szuka oczu w obrazie z kamery i reaguje na zmianę ich położenia – naśladuje ruchy głowy opiekuna (rys. 6., system Kismet).



Rysunek 6.
KISMET – do
interakcji
społecznych¹³

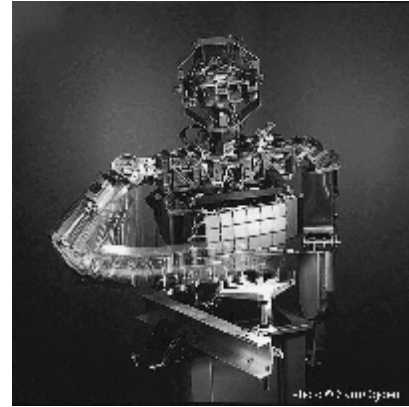
Ucieleśnienie i fizyczne interakcje: możliwe, że najważniejszym aspektem ludzkiej inteligencji jest to, iż jest ona ucieleśniona. Realizatorzy projektu wierzą, że zbudowanie inteligencji podobnej do ludzkiej wymaga interakcji – podobnych do ludzkich – z rzeczywistym światem. Postać robota zbliżona kształtem do człowieka jest ważna z dwóch powodów: aby umożliwić człowiekowi społeczne interakcje z robotem, oraz zapewnić w naturalny sposób podobne ograniczenia dla zadań. Takie bezpośrednie połączenie powoduje zmniejszenie zapotrzebowania na pośrednią reprezentację. Wewnętrzne reprezentacje mogą opierać się na sensoryczno-motorycznych interakcjach ze światem. Realizowany system opiera się na takich interakcjach, oddziałuje ze światem bez jakiegokolwiek reprezentacji *explicite* tego świata.

Integracja: człowiek otrzymuje ogrom informacji ze świata. Obrazy, dźwięki, zapachy, dotyk – wpływają na nasze widzenie świata. Wiadomo, iż poszczególne sensory nie działają zupełnie niezależnie – dźwięk może

¹² Bootstrap – stawać się lepszym, osiągać sukces poprzez własny wysiłek.

¹³ Rysunek zaczerpnięty ze strony internetowej: <http://www.ai.mit.edu/projects/cog>.

powodować iluzoryczne widzenie ruchu. Integracja sensorów może zmniejszyć zapotrzebowanie na moc obliczeniową dla danego zadania. W projekcie COG (rys. 7) zaimplementowano kilka mechanizmów, aby ułatwić rozwój jego kompetencji. Stabilizacja obrazu z ruchomej kamery dokonywana jest stosując sprzężenie zwrotne z układem błędnika. Integracja sensorów pozwala wykorzystywać różnorodną naturę bodźców do ułatwienia uczenia.



Rysunek 7. Robot człowieko-podobny Cog¹⁴

4. Perspektywy sztucznej inteligencji

Zdaniem niektórych badaczy, sztuczna inteligencja jest i pozostanie w najbliższych latach „obietnicą technologią i ciągle marzeniem”.¹⁵ Problemy wynikają z dezintegracji prac w środowisku naukowym AI i braku dobrze sprecyzowanego celu badań. Dziedzina ta wzbudza fascynację badaczy, ale również i duże kontrowersje. W raporcie sygnowanym przez AAAI¹⁶, wykonanym dla ARPA, przedstawiona jest prognoza rozwoju (na następną dekadę) inteligentnych systemów o znaczącej użyteczności dla USA, z podziałem na 4 grupy [8].

Inteligentna symulacja ISS (*Intelligent Simulation Systems*)

Systemy generujące realistyczne symulowane światy mogą ułatwić i poszerzyć możliwości edukacji, mogą być dostępne wszędzie i w dowolnym czasie. W nowej generacji możliwości metod symulacji wspomogą konstrukcję programów, które będą modelować złożone sytuacje, włączając zarówno urządzenia jak i znaczącą liczbę symulowanych inteligentnych osób. Użyteczność takich systemów to od zarządzania kryzysem, do oceny produktów i rozrywki. Przewidywane systemy będą różnić się od obecnych zarówno co do skali – skalę następnej generacji symulacji ilustruje problem symulacji dla kryzysu o rozmiarze typu Huragan Andrew (wiele rannych, zburzonych budynków, pożarów, policja, pogotowie, itp.), jak i funkcjonalności – analiza różnych potencjalnych działań i ich efektów.

Inteligentne zasoby informacji IRSS (*Information-Resource Specialist Systems*)

Inteligentny system pozyskiwania informacji powinien zapewniać efektywne wykorzystanie szerokich zasobów krajowej infrastruktury informacyjnej. System pracując z poszczególnymi użytkownikami

¹⁴ Rysunek zaczerpnięty ze strony <http://www.ai.mit.edu/projects/cog>.

¹⁵ <http://www.cit.ics.saitama-u.ac.jp/~far/Lectures/KE2/>

¹⁶ AAAI: American Association for Artificial Intelligence; ARPA: Advanced Research Project Agency

powinien umieć określić ich informacyjne potrzeby, przeglądać zasoby światowe aby zlokalizować odpowiednie źródła, z których można wydobyć potrzebną informację. Powinien się adoptować do zmian w potrzebach użytkownika i zmian w zasobach. Powinien komunikować się z użytkownikami w zrozumiały dla człowieka sposób.

Dla realizacji założonych celów może być wymagane, by kilka specjalizowanych systemów komunikowało się między sobą w celu znalezienia odpowiedniej informacji.¹⁷

Inteligentny kreator projektów IPC (*Intelligent Project Coaches*)

Narzędzie takie powinno pracować przez długi czas jako członek zespołu, aby pomagać w projektowaniu i działaniu złożonych systemów. Taki kreator może wspomagać projektowanie złożonych urządzeń (np. samolotu) lub dużych programów komputerowych, pomagając w zabezpieczeniu wiedzy o zadaniu oraz pozyskiwaniu informacji odnoszących się do problemu. Powinien on pomagać podczas testowania systemu polepszając diagnozowanie, wykrywanie usterek i profilaktykę oraz na etapie działania systemu. Kreator projektów nie musi być systemem ekspertowym, powinien raczej pobudzać, wzmacniać możliwości i produktywność współpracy z ekspertami, tworząc swojego rodzaju ‘pamięć organizacyjną’.

Zespoły robotów RT (*Robot Teams*)

Zespoły inteligentnych robotów mogą wykonywać zadania, które są niebezpieczne (np. oczyszczanie środowiska, usuwanie min, gaszenie pożaru, działania związane z uwolnieniem zakładników), lub jako pomoc domowa w starzejących się społeczeństwach (np. otwieranie drzwi, dostarczanie prostych posiłków, proste prace pielęgnacyjne), lub zwykłe prace, ale żmudne i nieciekawe dla człowieka. Pojedynczy robot ma ograniczone możliwości, dlatego też roboty nie mogą być całkowicie niezależne. Powinny one pracować równolegle pod nadzorem człowieka. Pracując z zespołem robotów można uzyskać rozwiązania, w których wiedza, ekspertyza i ruch mogą być rozproszone w czasie i przestrzeni. Wymagania w stosunku do robotów realizujących takie cele daleko wyprzedzają obecne możliwości robotów przemysłowych. Nowej generacji roboty muszą poruszać się bezpiecznie i efektywnie w środowisku człowieka, określać, które przeszkody można przesunąć (bez ich uszkodzenia), które należy ominąć, koordynować swoje akcje (reagować) z innymi robotami. Dla takich robotów jest już rozwijany sprzęt, ale dalszej pracy wymaga zastosowanie ich w trudnych sytuacjach (nieznanych), lub jako współpracujące zespoły.

¹⁷ Przykładem może być projekt OXYGEN, *Projekt Oxygen. Adaptacyjny mikroprocesor*, oraz GALAXY, (system Jupiter), *Rozmowa z komputerem*, Victor Zue, *Rozmowa z komputerem*, Victor Zue, Świat Nauki, Nr 10, Październik 1999.

Zidentyfikowano siedem obszarów badań, które powinny umożliwić wyjście **AI** poza jej tradycyjne ograniczenia. Obejmują one zadania rozumienia fundamentalnej natury inteligencji, ludzkiej i maszynowej, potrzebne są również badania komplementarne, które nie są tu strategicznie zdefiniowane. Wyniki tych badań są trudne do przewidzenia.

Obszary badań naukowych ważne z punktu widzenia realizacji postawionych poprzednio zadań, to:

Uczenie, dostrajanie (elicitation) informacji i automatyczna adaptacja,

Koordinacja percepcji, planowania i działania,

Percepcja,

Komunikacja człowiek-komputer na wiele sposobów,

Pozyskiwanie interesującej informacji (content-based retrieval),

Wnioskowanie i reprezentacja.

5. Podsumowanie

Pół wieku to stosunkowo długi czas, ale jak na rozwój dyscypliny naukowej, okazuje się za krótki, by powiedzieć iż jest to dziedzina o ustalonym zakresie i metodach. Kontrowersje towarzyszące odwiecznym marzeniom ludzkim – by uczynić komputer inteligentnym na wzór inteligencji człowieka, nie ustały do dziś [15].¹⁸ Możemy uznać mózg za pewien rodzaj komputera, ale większość jego funkcji oczekuje na zbadanie. Test Turinga jest już dość powszechnie odrzucany jako narzędzie wystarczające do sprawdzenia *świadomej* inteligencji.

W [9] można znaleźć opinie wielu znanych badaczy **AI** na temat jej rozwoju. Pokazują one, że nadal **AI** nie jest pozbawiona kontrowersji.

Mc Carthy wyróżnia dwie główne linie badań w ramach **AI**. Jedna to biologiczna, jej paradygmat to: człowiek jest inteligentny, zatem **AI** powinna naśladować psychologię i fizjologię człowieka. Aby coś imitować, trzeba wpieryw to dokładnie poznać i zrozumieć. Druga linia to fenomenologiczna¹⁹, jej podstawa to studiowanie i formalizacja zdroworozsądkowych faktów o świecie i problemach, jakie pojawiają się przy osiąganiu celów. Oba nurty badawcze oddziałują na siebie w pewnym stopniu i oba powinny się rozwijać z sukcesem.

Zdaniem Herberta A. Simon'a, podstawową strategią **AI** zawsze było poszukiwanie złożonych ludzkich zadań i pokazywanie, jak komputer

¹⁸ J. Searle zaprezentował w 1980 roku w *Behavioral and Brain Science*. tzw. *dowód chińskiego pokoju*. P. M. i P. S. Churchlandowie polemizują w: *Czy maszyna może myśleć? Klasyczna AI jest niezdolna do stworzenia myślących maszyn, lecz systemy naśladowujące mózg mogą tego dokonać*, Świat Nauki, Nr 1, 1991. H.L. Dreyfus, *What Computers Can't Do: The Limits of Artificial Intelligence*, New York, 1972. Tematyka możliwości sztucznej inteligencji jest ciekawie przedstawiona w pracy *Artificial Intelligence and Creativity*, Terry Dartnall (Ed). Seria *Studies in Cognitive Systems*, Kluwer Academic Pub., 1994.

¹⁹ fenomenologia (filoz.) nauka o zjawiskach jako dostępnych poznaniu aspektach rzeczywistości, o fazach rozwoju świadomości (ducha), od poznania z bezpośrednich danych do wiedzy absolutnej; kierunek filozoficzny postulujący odrzucenie pojęciowych spekulacji filozoficznych.

może je rozwiązać w ludzki sposób, bądź metodą ‘brute force’. W ciągu półwiecza zgromadzona zostanie i przetestowana teoria na temat procesów ludzkiego rozumowania, oraz sposoby jej symulowania i wzmacniania.

Zwolennik metod formalnych, Wolfgang Bibel widzi potrzebę rozwoju wyrafinowanego formalizmu logicznego i metod wnioskowania. Nadmienia, że rola logiki w **AI** nie stanowi żadnej kontrowersji. Jego i innych zdaniem, język i mechanizm wnioskowania logicznego są siłą **AI**.

W ostatnich latach swoje poglądy zmienił Drew McDermott. Stał się zwolennikiem czystego formalizmu logicznego. Uważa, że rozwój **AI** jest związany nie z wyrafinowanymi sposobami reprezentacji i mechanizmami wnioskowania, lecz raczej z prostymi sposobami reprezentacji oraz łatwymi do sterowania i kontroli algorytmami, gdzie złożonością zarządza się w procesie formułowania problemu. McDermot wyraża nadzieję, że wszystko co jest potrzebne, będzie zrobione stosując proste reprezentacje.

E. A. Feigenbaum nie ma wątpliwości co jest ścieżką rozwoju **AI**. Jego zdaniem, od 1966 r. są to systemy z bazą wiedzy, wykazujące inteligentne zachowania, czego dowodem są stosowane w praktyce **ES**. Twierdzi, że prace przesuwają się z przetwarzania w kierunku zawartości (wiedzy). W późnych latach 1960. Minsky zatytułował swój wykład wygłoszony z okazji otrzymania nagrody Turinga *Form vs. Content in Computer Science* (Forma a zawartość w informatyce). Zagadnienie to pozostaje aktualne do dziś. W latach 80. pojawiły się głosy wręcz wrogie do podejścia na bazie wiedzy. Są to zwolennicy ‘antirepresentation’ lub ‘0representation’. Ich zdaniem, modelowanie wyczerpującej wiedzy jest zadaniem zbyt trudnym, dlatego też rzeczywisty świat musi służyć jako swój najlepszy model. Zdaniem Feigenbaum’a obie problematyki (reprezentacja wiedzy i rozwijanie technik adaptujących się do świata) są zarówno rozwijanymi tematami jak i kontrowersjami współczesnej **AI**.

Zdaniem Donald’a Michie, od lat 50. (tzn. pracy A. Turinga opublikowanej w *Mind*) nadal godnymi uwagi są dwa trendy: automatyczne uczenie, zapoczątkowane przez A. L. Samuel’a w połowie lat 50., prowadzące do indukcyjnego uczenia się pojęć (*concept learning*) we wczesnych latach 60., oraz automatyzacja dedukcyjnego wnioskowania, sformułowana przez J. McCarthy’ego w późnych latach 50., wsparta przez algorytm rezolucji J. A. Robinson’a w połowie lat 60. Natomiast zupełnie pominiętą tematyką jest propozycja A. Turinga z roku 1950: budowa maszyny zdolnej do uczenia się. Może przyszedł czas, by podjąć zaproponowaną pół wieku temu tematykę?

Dla Rodney’a Brooks’a z MIT najważniejsza zmiana w **AI** nastąpiła w latach 80., kiedy stwierdzono, że model wnioskowania stosowany w **AI** jest zupełnie inny od tego stosowanego w naszych głowach. Różnice te nie

przekreślają podejść ‘nie jak u ludzi’²⁰ ale pojawiają się nowe możliwości i ścieżki dla **AI**, zwłaszcza w robotyce (roboty osadzone w rzeczywistym świecie). Podejście to, w połączeniu ze zwiększającymi się mocami komputerów wbudowanych w roboty, pozwala przesunąć granice możliwości percepcji sztucznych systemów. Duża część mózgu człowieka (ok. 50%) poświęcona jest percepcji. Obecnie nadal niezadowolające są rezultaty prac nad systemami wizyjnymi z ruchomych platform, segmentacją obiektów itp. Istnieją problemy z połączeniem wiedzy z ‘machine learning’ do tych dziedzin.

Zdaniem Ryszarda Michalskiego, inteligentny system musi posiadać sensory umożliwiające mu gromadzenie informacji, być w stanie przekształcać informację w wiedzę (uogólnić, zorganizować), czyli uczyć się, oraz być w stanie wykorzystywać tę wiedzę do osiągnięcia celu, czyli rozumować. Cel **AI** to zrozumieć i budować takie systemy.

Zaproszony do wypowiedzi znany krytyk **AI**, Hubert Dreyfus, stwierdza, iż w pierwszych dwudziestu latach rozwoju (lata 1960-1980) **AI** miała jasno sformułowane cele wraz z przewidywaniami, kiedy one zostaną osiągnięte. Celem było zaprogramowanie komputerów tak, aby działały w inteligentny sposób, zaś metodą było wykorzystanie symbolicznej reprezentacji wiedzy. Ta symboliczna **AI** nie powiodła się. Takie niepowodzenie może spowodować pojawienie się nowych hipotez i kierunków rozwoju. Jednakże Dreyfus’a zadziwia fakt, że żaden z badaczy (Simon, Lenat, McCarthy) nie przyznali tego wprost, lecz zmieniają swoje podejście w kierunku bardziej rzeczowych, inżynierskich problemów.

Jako podsumowanie tej dyskusji służyć może wypowiedź John’a McCarthy’ego, którą można sparafrazować następująco: dość gadania, wracajmy do pracy. Woli on pracować nad **AI**, wychodząc z założenia, że lepiej jest mieć swój udział w kontrowersjach.

Konferencja na temat SZTUCZNEJ INTELIGENCJI, mająca w podtytule hasła BADANIA, ROZWÓJ, ZASTOSOWANIA, może jest dobrą okazją, by rozpocząć dyskusję nad miejscem sztucznej inteligencji w Polsce: w badaniach i zastosowaniach. Warto zastanowić się, czy potrzebne są badania, na wzór tych przeprowadzonych dla ARPA [8]. Takie badania, poza pewnego rodzaju inwentaryzacją stanu aktualnego, dałyby odpowiedź na następujące pytania: czy w Polsce jest zainteresowanie wytwarzaniem produktów zawierających techniki sztucznej inteligencji, ewentualnie, kto jest tym zainteresowany? Czy potrzebne są badania podstawowe w tym zakresie? Jakie są możliwości (w tym kadra, finanse) takich badań? Jakie są perspektywy w tej dziedzinie?

²⁰ Nie zawsze opłaca się naśladować naturę, np. machanie skrzydłami, by zbudować samolot. Zatem niekoniecznie trzeba naśladować mózg, by stworzyć umysł.

LITERATURA

- [1] AI timeline. <http://www.robotwisdom.com/ai/timeline.html>.
- [2] AI timeline. <http://www.robotwisdom.com/ai/prehistory.html>.
- [3] BONISSONE P., CHEN YO-TO, GOEBEL K., KHEDKAR P.,S.: Hybrid Soft Computing Systems: Industrial and Commercial Applications. (Invited Paper). Proceedings of the IEEE, vol. 87, No.9, September 1999, pp. 1641-1666.
- [4] BROOKS R.A., BREAZEL C., MARJANOVIĆ M., SCASSELLATI B., WILIAMSON M.: The Cog Project: Building a Humanoid Robot, <http://www.ai.mit.edu/projects/cog>.
- [5] CHWIAŁKOWSKA E.: Sztuczna Inteligencja w Systemach Eksperckich. Warszawa, 1991.
- [6] FAR B.H.: Materiały dydaktyczne. Department of Information and Computer Scences, Saitama University, Japonia. <http://www.cit.ics.saitama-u.ac.jp/~far/Lectures/KE2/01kaime/sld010.htm>.
- [7] FORSYTH R.: Expert Systems. Principles and case studies. Chapman and Hall, Ltd, 1984.
- [8] GROSZ B., DAVIS R. (Ed.): A Report to ARPA on Twenty-First Century Intelligent Systems. American Association for Artificial Intelligence. <http://www.aaai.org/Policy/Papers/arpa-report.html>.
- [9] HEARST M.A., HIRSH H.: AI's greatest trends and controversies. IEEE Intelligent Systems. January/February 2000, pp. 8-17.
- [10] MARCISZEWSKI W.:Sztuczna inteligencja. Znak, 1998.
- [11] MEDSKER L.,R.: Hybrid Intelligent Systems. Kluwer Akademic Publishers, 1995.
- [12] MITCHELL T.M.: Machine Learning. The McGraw-Hill Companies, Inc., 1997.
- [13] MULAWKA J.J.: Systemy ekspertowe. Wydawnictwa Naukowo-Techn., Warszawa, 1996.
- [14] SCHALKOFF R.J.: Artificial Intelligence: An Engineering Approach. McGraw-Hill Publishing Comp., 1990.
- [15] SEARLE J.R.: Umysł, mózg i nauka. PWN, Warszawa, 1995. Skrót w: Świat Nauki, Nr 1, 1991.
- [16] SUSAC D.: Chrystal Balls 3: Coming in 30 Years to a Theatre as Near as You Think – Superhuman Cyborgs and Androids, March 1, 1998. <http://ai.about.com/compute/ai/library/weekly/aa030198a.htm>
- [17] The History of Artificial Intelligence. <http://library.thinkquest.org/2705/history.html>.
- [18] Timeline. <ftp://ftp.cs.cmu.edu/user/ai/pubs/faqs/ai/timeline.txt> by Mark Kantowitz i in.
- [19] WALTZ D.L.: Artificial Intelligence: Realizing the Ultimate Promisses of Computing. <http://www.cs.washington.edu/homes/lazowska/cra/ai.html>
- [20] WEISS G. (Ed.): Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. The MIT Press, 1999.