

# SZTUCZNA INTELIGENCJA: ROZWÓJ, SZANSE I ZAGROŻENIA

## Streszczenie

Pojęcie „sztucznej inteligencji”, mimo powszechności używania tego terminu, nie jest łatwe do zdefiniowania. Wynika to przede wszystkim z braku jasnej i precyzyjnej definicji samej inteligencji. Występuje cały szereg różnych prób jej zdefiniowania. Po raz pierwszy termin „sztuczna inteligencja” został zaproponowany i zdefiniowany w roku 1955 przez Johna McCarthy’ego. Obecnie istnieją dwa podejścia do zagadnień sztucznej inteligencji. Podejście pierwsze, tzw. silna Sztuczna Inteligencja (strong AI) oraz podejście drugie – słaba Sztuczna Inteligencja (weak AI). Zainteresowanie zagadnieniami AI (ang. artificial intelligence) wielu różnych ośrodków na świecie przyniosło konkretne rezultaty, które znalazły już praktyczne i powszechne zastosowania. „Sztuczna inteligencja” w ostatnich latach staje się coraz bardziej popularna i częściej stosowana. Szybki rozwój elektroniki oraz informatyki sprzyja rozwojowi tej dziedziny nauki. „Inteligentne maszyny” są potrzebne człowiekowi do tworzenia i odkrywania nowych zależności w świecie, więc AI zaczyna docierać w inne obszary nauki takie jak medycyna, ekonomia czy zarządzanie. Sztuczna inteligencja jest jednym z bardziej interesujących kierunków rozwoju informatyki, która pochłania olbrzymią ilość ludzkiego zapалу oraz najnowocześniejszych osiągnięć techniki komputerowej. W zakres sztucznej inteligencji wchodzi algorytmy, heurystyka, algorytmy genetyczne, systemy ekspertowe, sztuczne sieci neuronowe oraz logika rozmyta. Perspektywa powstania inteligentnych maszyn mogących samodzielnie myśleć i podejmować decyzje, wprowadza niepokój wśród ludzi. Obecnie nie da się wykluczyć niebezpiecznego wykorzystania tej technologii mogącej prowadzić do katastrofy, tak jak ma to miejsce w przypadku energii atomowej. Wydaje się, iż obawy dotyczące znacznego ograniczenia znaczenia czynnika ludzkiego są bezpodstawne i dopóki nie będzie jakichkolwiek przesłanek, iż ludzie będą kiedykolwiek w stanie stworzyć nie tylko maszynę inteligentną, ale również posiadającą świadomość i własną osobowość - nieuzasadnione.

## Abstract

The term „artificial intelligence”, despite its commonness, cannot be easily defined. It primarily results from the lack of clear and precise definition of intelligence itself. There were many different attempts of defining it. The term „artificial intelligence” was put forward and defined for the first time by John McCarthy in 1955. Currently, there are two approaches towards the issues related to

<sup>1</sup> Dr inż. Krzysztof Różanowski jest wykładowcą w Warszawskiej Wyższej Szkole Informatyki. Pracuje też w Wojskowym Instytucie Medycyny Lotniczej.

artificial intelligence. The first approach, the so-called Strong AI (Artificial Intelligence), and the second approach – Weak AI. The interest in AI issues of many different research centers all over the world has brought concrete results that are now practically and commonly applied. Nowadays, „artificial intelligence” is becoming more and more popular and applicable. The rapid development of electronics and computer science is conducive for the development of this discipline. Human beings need “intelligent machines” to create and discover new relationships in the world; therefore, AI starts to reach new disciplines such as medicine, economy or management. Artificial intelligence is one of the most interesting trends in the development of computer science, which absorbs great amount of human zeal and the most advanced achievements of computer engineering. Algorithms, heuristics, genetic algorithms, expert systems, artificial neural networks, and fuzzy logic come within the scope of artificial intelligence. The prospect of the emergence of intelligent machines, which could think and make decisions independently, worries people. Currently, the hazardous usage of this technology, which could lead to a catastrophe, cannot be ruled out. The same situation occurs when it comes to nuclear power. It seems that these worries concerning considerable limitation of the significance of the human factor are off base, and as long as there are not any premises that people would ever be able to create a machine which is not only intelligent, but also conscious and individual, such worries are also unjustified.

## 1. WPROWADZENIE

Pojęcie „sztucznej inteligencji”, mimo powszechności używania tego terminu, nie jest łatwe do zdefiniowania. Wynika to przede wszystkim z braku jasnej i *precyzyjnej* definicji samej inteligencji. Występuje cały szereg różnych prób jej zdefiniowania. Według Stern’a inteligencja to ogólna zdolność do adaptacji do nowych warunków i wykonywania nowych zadań. Spearman uważał, iż inteligencja to pewna umiejętność dostrzegania zależności i relacji, Ferguson zaś, iż jest to zdolność uczenia się. Inteligencja jest zdolnością do przetwarzania informacji na poziomie koncepcji mających znamiona abstrakcji. Jest pewną zdolnością do twórczego przetwarzania informacji, nie tylko mechanicznym jej przetwarzaniem. Pod koniec ubiegłego stulecia pojęcie to sprowadzono jedynie do posiadania zdolności intelektualnych. Współczesne postrzeganie inteligencji rozumiane jest jako zdolność do współdziałania ze zdolnościami kreowanymi w sferze emocjonalnej, motywacyjnej, czy też interpersonalnej ludzkiej psychiki [1].

Po raz pierwszy termin „sztuczna inteligencja” został zaproponowany i zdefiniowany w roku 1955 przez Johna McCarthy’ego. Dziś można znaleźć cały szereg różnych jej definicji:

*Sztuczna Inteligencja to dziedzina nauki, zajmująca się rozwiązywaniem problemów efektywnie niealgorytmizowalnych, w oparciu o modele wiedzy [2].*

*Termin Artificial Intelligence, w skrócie AI, odnosi się do komputerów, które naśladują aspekty ludzkiego myślenia. Prosty kalkulator elektroniczny nie ma statusu AI. Ale maszyna, która może uczyć się na swych błędach, albo to może popisać się rozumowaniem, ma status AI. Między tymi skrajnościami, nie ma żadnej dokładnej linii podziału [3].*

*to ekscytujące próby stworzenia myślących komputerów (...) maszyn z umysłami w pełnym tego słowa znaczeniu [4].*

*Sztuczna Inteligencja to dziedzina badań, które to badania usiłują naśladować ludzką inteligencję w maszynie. Obszar AI zawiera systemy z bazą wiedzy, systemy ekspertowe, rozpoznawanie obrazów, automatyczną naukę, rozumienie języka naturalnego, robotykę i inne [5].*

*Jest to nauka o czynnościach, które miałyby spowodować, że maszyny będą wykonywać funkcje, które aktualnie lepiej wykonuje człowiek [6].*

*Dziedzina nauki próbująca wyjaśnić i emulować inteligentne zachowania za pomocą metod obliczeniowych [7].*

*Prace nad metodami obliczeniowymi, które umożliwiałyby [maszynom] postrzeganie, wnioskowanie, działanie [8].*

Ogólnie rzecz ujmując, sztuczna inteligencja (ang. artificial intelligence, AI), to dział informatyki zajmujący się konstruowaniem maszyn i algorytmów, których działanie posiada znamiona inteligencji. Rozumie się przez to zdolność do samorzutnego przystosowywania się do zmiennych warunków, podejmowania skomplikowanych decyzji, uczenia się, rozumowania abstrakcyjnego, itp [9]. Przedmiotem sztucznej inteligencji jest badanie i określanie reguł rządzących inteligentnymi zachowaniami człowieka i wykorzystanie ich w algorytmach i programach komputerowych potrafiących te zasady wykorzystywać. Przykładem takich rozwiązań są dość powszechnie stosowane programy do rozpoznawania tekstów, obrazów, dźwięków, translatory, dowodzenie twierdzeń logiki i matematyki, uczenie maszyn, gry symulacyjne [10].

Obecnie istnieją dwa podejścia do zagadnień sztucznej inteligencji. Podejście pierwsze, tzw. silna Sztuczna Inteligencja (strong AI) oraz podejście drugie – słaba Sztuczna Inteligencja (weak AI). Zwolennicy weak AI głoszą pogląd, „iż komputer pozwala formułować i sprawdzać hipotezy dotyczące mózgu. Mózg dokonuje wielu

obliczeń i sposób, w jaki wrażenia zmysłowe są przetwarzane zanim nie powstanie w naszym umyśle wrażenie, jest do pewnego stopnia zrozumiałe. Potrafimy nawet zaprojektować trójwymiarowe obrazki, pozornie składające się z chaotycznych kropek, wiedząc, jakie obliczenia wykonywane są przez układ wzrokowy.”<sup>[2]</sup> Daje to w efekcie możliwość tworzenia całościowych modeli matematycznych analizowanych problemów i implementowanie ich w formie programów komputerowych, mających realizować konkretne cele.

Zdecydowanie śmielsze twierdzenia dotyczą strong AI, gdzie odpowiednio zaprogramowany komputer byłby w istotny sposób równoważny mózgowi, a więc posiadałby elementy ludzkiej inteligencji. Możliwe jest, zatem tworzenie struktur i programów „samouczących się”, takich jak modele sieci neuronowych oraz opracowywania procedur rozwiązywania problemów poprzez „uczenie” takich programów, a następnie uzyskiwanie od nich odpowiedzi na „pytania”.

Obecnie czołowymi ośrodkami, które biorą udział w badaniach nad Sztuczną Inteligencją są:

- Massachusetts Institute of Technology (MIT),
- Carnegie Mellon University (CMU),
- International Business Machines (IBM),
- Advanced Telecommunications Research (ATR),
- Institute for New Generation Computer Technology (ICOT – projekt komputerów piątej generacji),
- Prywatne ośrodki: Fujitsu, Hitachi, NEC, Mitsubishi, Oki, Toshiba, Sony, Honda,
- Ośrodek Starlab z siedzibą w Brukseli (ośrodek zamknięty) [11].

Zainteresowanie zagadnieniami AI wielu różnych ośrodków na świecie przyniosło konkretne rezultaty, które znalazły już praktyczne i powszechne zastosowania. Rozwiązania te dotyczą:

- Technologii opartych na logice rozmytej – powszechnie stosowanych do np. sterowania przebiegiem procesów technologicznych w fabrykach w warunkach „braku wszystkich danych”.
- Systemów ekspertowych, czyli rozbudowanych baz danych z wszczepioną „sztuczną inteligencją” umożliwiającą zadawanie im pytań w języku naturalnym i uzyskiwanie w tym samym języku odpowiedzi. Systemy takie stosowane są już w farmacji i medycynie.
- Maszynowego tłumaczenia tekstów – system SYSTRANS [12].
- Sieci neuronowych – stosowana w aproksymacji i interpolacji, rozpoznawaniu i klasyfikacji wzorców, kompresji, predykcji, identyfikacji i sterowaniu oraz asocjacji.

- Eksploracji danych - omawia obszary, powiązanie z potrzebami informacyjnymi, pozyskiwaniem wiedzy, stosowane techniki analizy, oczekiwane rezultaty.
- Rozpoznawania optycznego – stosowane są już programy rozpoznające osoby na podstawie zdjęcia twarzy lub rozpoznające automatycznie zadane obiekty na zdjęciach satelitarnych.
- Rozpoznawania mowy – jako identyfikacja treści wypowiedzi i rozpoznawanie mówców, identyfikacja osób – stosowane już powszechnie na skalę komercyjną.
- Rozpoznawania ręcznego pisma – stosowane już masowo np. do automatycznego sortowania listów, oraz w elektronicznych notatnikach.
- Sztucznej twórczość – istnieją programy automatycznie generujące krótkie formy poetyckie, komponujące, aranżujące i interpretujące utwory muzyczne, które są w stanie skutecznie „zmylić” nawet profesjonalnych artystów, w sensie, że nie rozpoznają oni tych utworów jako sztucznie wygenerowanych.
- Ekonomii - powszechnie stosuje się systemy automatycznie oceniające m.in. zdolność kredytową, profil najlepszych klientów, czy planujące kampanie medialne. Systemy te poddawane są wcześniej automatycznemu uczeniu na podstawie posiadanych danych (np. klientów banku, którzy regularnie spłacali kredyt i klientów, którzy mieli z tym problemy).

Mimo olbrzymiego zainteresowania problematyką AI i angażowania olbrzymich środków na badania nadal istnieje bardzo duży obszar zamierzeń nie zrealizowanych. Nie udało się dotąd osiągnąć, mimo wielu wysiłków:

- Programu, który skutecznie potrafiłby naśladować ludzką konwersację. „Są programy udające” konwersowanie tzw. chatterbot’y, ale niemal każdy człowiek po kilku-kilkunastu minutach takiej konwersacji jest w stanie zorientować się, że rozmawia z maszyną, a nie z człowiekiem. Najśłynniejszym tego rodzaju programem jest ELIZA, a obecnie najskuteczniejszy program w teście Turinga, który jest cały czas rozwijany na zasadach Open Sources - projekt ALICE. Nie zdołał on jeszcze całkowicie spełnić testu Turinga, ale corocznie wygrywa oparte na tym teście zawody o nagrodę Loebnera.
- Programu, który potrafiłby skutecznie generować zysk, grając na giełdzie. Problemem jest ilość informacji, którą taki program musiałby przetworzyć i sposób jej kodowania przy wprowadzaniu do komputera. Mimo wielu prób podejmowanych w tym kierunku (zarówno w Polsce jak i na całym świecie), z użyciem sztucznej inteligencji nie da się nawet odpowiedzieć na pytanie, czy jest możliwe zarabianie na giełdzie (bez podawania samego przepisu jak to zrobić). Prawdziwym problemem w tym przypadku może być fakt, że nie istnieje żadna zależność

między danymi historycznymi, a przyszłymi cenami na giełdzie. Taką tezę stawia Hipoteza Rynku Efektywnego. Gdyby hipoteza ta była prawdziwa, wtedy nawet najlepiej przetworzone dane wejściowe nie byłyby w stanie wygenerować skutecznych i powtarzalnych zysków.

- Programu skutecznie tłumaczącego teksty literackie i mowę potoczną. Istnieją programy do automatycznego tłumaczenia, ale sprawdzają się one tylko w bardzo ograniczonym stopniu. Podstawową trudnością jest tu złożoność i niejasność języków naturalnych, a w szczególności brak zrozumienia przez program znaczenia tekstu.
- Do niedawna programów skutecznie wygrywających w niektórych grach. Jak dotąd nie ma programów skutecznie wygrywających w brydża sportowego i polskie warcaby, mimo że podejmowano próby ich pisania. Inaczej wygląda sytuacja z grą w szachy, w które zainwestowano jak dotąd najwięcej wysiłku i czasu spośród wszystkich tego rodzaju programów. 17 lutego 1996 Garry Kasparow ograł w szachy „Deep Blue”, superkomputer IBM budowany przez pięć lat i kosztujący \$ 2 500 000. Był on wówczas w stanie przeprowadzić analizę wszystkich konfiguracji na osiem ruchów naprzód, co oznacza 50 miliardów pozycji. Niespełna rok później, w maju 1997 roku, Deep Blue jako pierwszy wygrał mecz przeciwko szachowemu mistrzowi świata, Garriemu Kasparowowi. Deep Blue używa 32-węzłowego klastra IBM RS/6000 SP, po 8 wyspecjalizowanych procesorów szachowych na każdym węźle. Umożliwia to ocenę około 200 milionów pozycji na sekundę.

„Sztuczna inteligencja” w ostatnich latach staje się coraz bardziej popularna i częściej stosowana przez przedsiębiorców. Szybki rozwój elektroniki oraz informatyki sprzyja rozwojowi tej dziedziny nauki. „Inteligentne maszyny” są potrzebne człowiekowi do tworzenia i odkrywania nowych zależności w świecie, więc AI zaczyna docierać w inne obszary nauki takie jak medycyna, ekonomia czy zarządzanie. Sztuczna inteligencja jest jednym z bardziej interesujących kierunków rozwoju informatyki, która pochłania olbrzymią ilość ludzkiego zapasu oraz najnowocześniejszych osiągnięć techniki komputerowej. Przed stworzeniem pierwszych „inteligentnych” maszyn idea tego osiągnięcia trwała w umysłach wielu ludzi. Filmy i książki science fiction przedstawiały przyszłość, w której człowiek był zastępowany maszyną a fenomenem tej rzeczywistości były roboty. Dziś dla człowieka współczesnego nie jest zaskoczeniem robot czy „inteligentny” program komputerowy. Dzięki szybkiemu rozwojowi elektroniki oraz informatyki jesteśmy w stanie stworzyć to, co kiedyś było jedynie tematem fantastyki [13].

## 2. ZAKRES SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

W zakres sztucznej inteligencji wchodzi algorytmy ewolucyjne, heurystyka, algorytmy genetyczne, systemy ekspertowe, sztuczne sieci neuronowe oraz logika rozmyta.

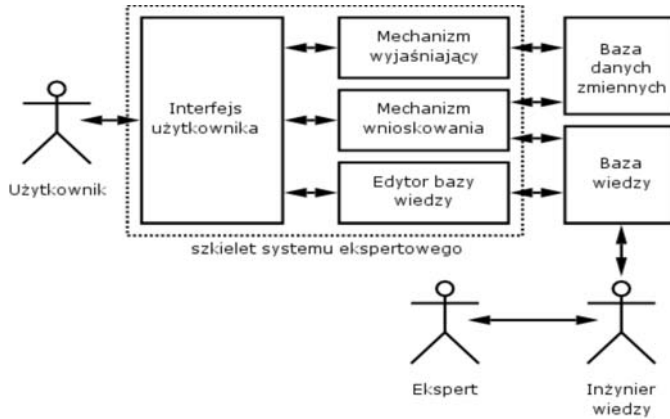
### Algorytmy ewolucyjne

Algorytmy ewolucyjne (ang. Evolutionary Algorithms - EA) są techniką przeszukiwania i optymalizacji, opartą na zasadach przejętych z teorii ewolucji. Naturalność oraz prostota działania sprawiły, że są one chętnie wykorzystywane w naukach zarządzania do rozwiązywania problemów optymalizacji kombinatorycznej, a w szczególności - do szeroko rozumianych problemów alokacji zasobów.

### Systemy ekspertowe

Pierwszą definicję systemu ekspertowego podał w 1977 roku Edward Feigenbaum z Uniwersytetu Stanford. Według niego system ekspertowy to inteligentny program komputerowy używający wiedzy oraz procedur wnioskowania do rozwiązywania problemów o wysokim stopniu złożoności, wskazującym na niezbędność eksperta danej dziedziny do jego rozwiązania. Systemy eksperckie są programami komputerowymi, zaprojektowanymi w celu podejmowania decyzji oraz dostarczenia użytkownikowi oczekiwanej przez niego informacji [14]. System ten modeluje wiedzę człowiek – ekspert w pewnej ograniczonej dziedzinie nauk. Zadanie, które podaje się do wykonania, powinno przez system być rozwiązane tak dobrze, jak by to robił człowiek będący ekspertem w tej określonej dziedzinie. System ten naśladując rozumowanie człowieka, potrafi równie dobrze jak on, na podstawie posiadanej wiedzy, wyciągać wnioski, a także służyć jako narzędzie wspomagające decyzje „ludzkich” ekspertów, przez podpowiadanie im ewentualnych rozwiązań.

Idea systemu ekspertowego, polega na uzyskaniu wiedzy, którą posiada ekspert i przeniesieniu jej do programu komputerowego, wyposażonego w bazę wiedzy, określone reguły wnioskowania, a także interfejs graficzny lub inne narzędzie, które pozwoli komunikować się z użytkownikiem.



Rys. 1. Schemat systemu ekspertowego.[1]

Systemy ekspertowe można podzielić według wielu kryteriów. Jeden z podziałów systemów ekspertowych przedstawiony został w tabeli 1

**Tabela 1. Rodzaje systemów ekspertowych**

Kategoria	Zadania realizowane przez systemy ekspertowe (przykłady)
Interpretacyjne	Rozpoznawanie mowy, obrazów, struktur danych
Predykcyjne	Prognoza
Diagnostyczne	Medycyna, elektronika, mechanika
Kompletowania	Konfiguracja systemu komputerowego
Planowania	Ruchy robota
Monitorowania	Elektrownie atomowe, medycyna, ruch uliczny
Sterowania	Kierowanie zachowaniem systemu
Poprawiania	Podają sposób postępowania w przypadku złego funkcjonowania
Naprawy	Harmonogram czynności w przypadku naprawy
Instruowania	Systemy doskonalenia zawodowego studentów

Źródło: Mulawka J. J. Systemy ekspertowe, WNT Warszawa 1996

## Sztuczne sieci neuronowe

Sztuczne sieci neuronowe SNN są jedną z dziedzin informatyki, rozwijających się bardzo intensywnie i mającą zastosowanie w wielu obszarach nauki.

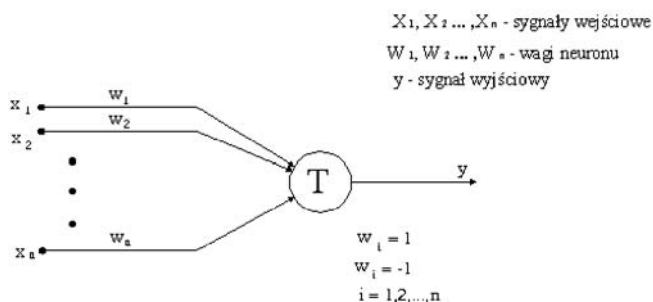
Najczęściej spotykanymi obszarami zastosowań technicznych w dziedzinie sztucznych sieci neuronowych są zagadnienia rozpoznawania zwłaszcza kontekstowego i inwariantnego oraz w zadaniach klasyfikacji, analizy obrazów i ich prze-



tworzania. Dominującym tematem prac o sztucznych sieciach neuronowych, są zagadnienia dotyczące kompresji obrazów, problemów odtwarzania oraz identyfikacji obrazów. W zastosowaniach gospodarczych sieci były badane głównie pod względem weryfikacji podpisów, badań uziarnienia surowców mineralnych czy rozpoznawania ręcznie pisanych znaków. Zagadnienia związane z analizą i rozpoznawaniem innych sygnałów także znajdują tu swoje miejsce np. rozpoznawanie mowy i innych sygnałów dźwiękowych oraz analizy tekstów pisanych w języku naturalnym. Sieć neuronowa jest również przedmiotem zastosowań w diagnostyce medycznej, w analizach sił w elemencie chwytym robota, sygnałach sonaru i radaru, sygnałach dotykowych i innych typach sygnałów i informacji.

W literaturze pojawia się coraz więcej prac, które opisują wykorzystanie sieci neuronowych przy zagadnieniach przetwarzania sygnałów takich jak konwersje, filtracje i aproksymacje. Bardzo często możemy również spotkać sieci neuronowe w zastosowaniach dotyczących robotyki, automatyki (identyfikacji sygnałów dynamicznych, sterowania ruchem pojedynczego obiektu, w metrologii – do oceny błędów sensorów), teorii sterowania (zwłaszcza sterowania adaptacyjnego w układach samouczących się) oraz zagadnieniach optymalizacji i telekomunikacji. W znacznym stopniu przyczynić się one mogą do zbudowania pamięci asocjacyjnej oraz wnieść wiele wartościowych przyczynków do tematyki pamięci rozproszonej. Do tradycji weszły już związki łączące problematykę sieci neuronowych z dziedziną sztucznej inteligencji, a zwłaszcza systemów ekspertowych.

Szczególne znaczenie historyczne na drodze do stworzenia sztucznych sieci neuronowych jest podana przez McCullocha i Pittsa w roku 1943, definicja modelu sztucznego neuronu. Budowa i zasada działania tego modelu została oparta na swoim biologicznym odpowiedniku. Założeniem było tu zastąpienie neuronu jednostką binarną. Model, który został przez nich zaproponowany wyglądał następująco:



Rys. 2. Model sztucznego neuronu McCullocha-Pittsa [1]

Sygnal wejściowy w punkcje  $x_1, x_2 \dots x_n$  ma wartość binarną 0 lub 1. Jeśli w chwili  $k$  pojawi się impuls, punkt przyjmuje wartość 1, jeśli nie, przyjmuje wartość 0. Za sygnał wyjściowy przyjmujemy wartość  $y$ . Reguła aktywacji neuronu przyjmuje postać:

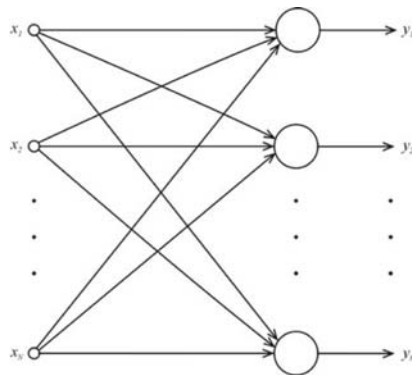
$$y^{k+1} = \begin{cases} 1, & \text{gdy } \sum_{i=1}^n w_i x_i^k \geq T, \\ 0, & \text{gdy } \sum_{i=1}^n w_i x_i^k < T, \end{cases} \quad (1)$$

Gdzie  $k = 0, 1, 2 \dots$  są kolejnymi momentami czasu. W okresie  $k$  oraz  $k+1$  upływa jednostkowy czas opóźnienia,  $w_i$  jest multiplikatywną wagą przypisaną połączeniu wejścia  $i$  z błoną neuron. Dla synaps pobudzających  $w_i = +1$ , dla synaps hamujących  $w_i = -1$ . Poniżej wartości progowej  $T$  neuron nie działa.

Możliwości i właściwości sieci są wynikiem wspólnego działania bardzo wielu połączonych ze sobą elementów w tym pojedynczych neuronów. Wzajemna współpraca oraz sposób połączenia neuronów między sobą spowodował powstanie różnych typów sieci. Każdy typ sieci jest z kolei powiązany z odpowiednią metodą doboru wag (uczenia).

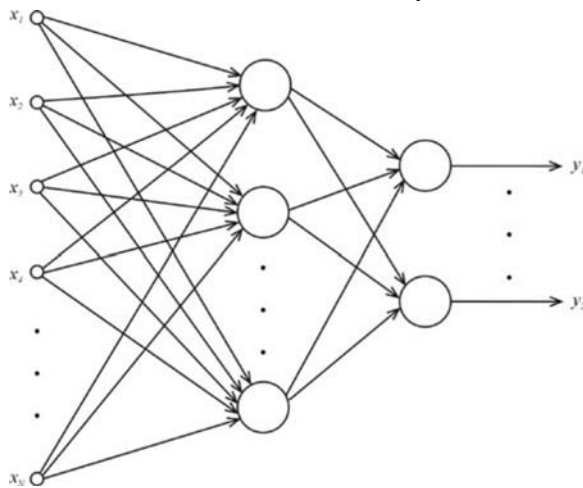
**Do najczęściej stosowanych typów sieci należą [15]:**

- Sieci jednokierunkowe jednowarstwowe – w sieciach tego typu neurony ułożone są w jednej warstwie, która jest zasilana z węzłów wejściowych. Przepływ sygnału w tego typu sieciach przebiega zawsze w ściśle określonym kierunku: od warstwy wejściowej do warstwy wyjściowej. Na węzłach wchodzących nie znajdują się warstwy neuronów, gdyż nie zachodzi w nich żaden proces obliczeniowy. Dobór wag następuje tu w procesie uczenia sieci, czyli dopasowania sygnałów wyjściowych  $y_i$  do wartości, której oczekujemy  $d_i$ .



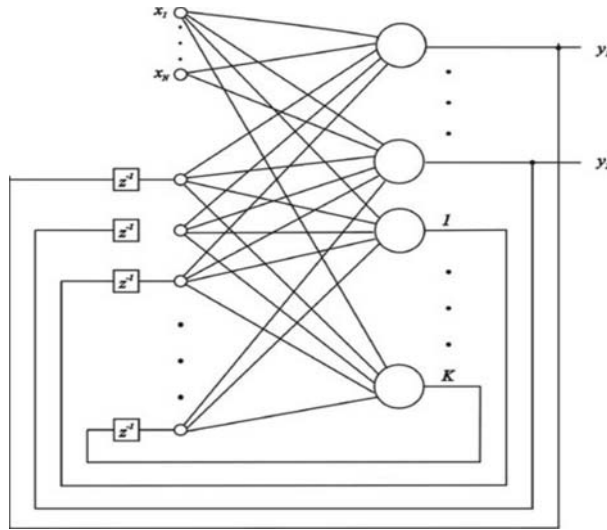
Rys. 3 Sieć jednokierunkowa jednowarstwowa [15]

- Sieci jednokierunkowe wielowarstwowe – cechą wyróżniającą te sieci od pozostałych jest występowanie oprócz warstwy wejściowej i wyjściowej, co najmniej jednej warstwy ukrytych neuronów. Sygnały wejściowe są podawane na pierwszą warstwę ukrytą neuronów, a te z kolei stanowią sygnały źródłowe dla kolejnej warstwy. Na wartość sygnału wejściowego mają wpływ wagi obu warstw, podczas gdy sygnały wytwarzane w warstwie ukrytej nie zależą od wag warstwy wyjściowej. Uczenie sieci wielowarstwowej odbywa się zwykle z nauczycielem. Uczenie odbywa się w celu określenia wag na wszystkich warstwach sieci, tak, aby przy zadanej wartości  $x$  uzyskać na wyjściu wartość  $y$ , która będzie odpowiadała z dużą dokładnością wartości żądanej  $d$ .



Rys. 4. Sieć jednokierunkowa wielowarstwowa [15]

- Sieci rekurencyjne – Możemy tu wyróżnić sieci rekurencyjne jednowarstwowe mające jedną warstwę neuronów wyjściowych oraz sieci rekurencyjne wielowarstwowe, które posiadają dodatkową warstwę ukrytą. Od sieci jednokierunkowych różni je występowanie sprzężenia zwrotnego między warstwami wyjściowymi i wejściowymi. Sprzężenie zwrotne polega tu na przekazywaniu sygnałów z warstwy wyjściowej bądź ukrytej do warstwy wejściowej. Zmiana stanu jakiegokolwiek neuronu na skutek sprzężenia zwrotnego zostaje przeniesiona na całą sieć, wywołując przy tym stan przejściowy, kończący się określonym stanem, który został uprzednio ustalony, ogólnie innym, niż wcześniejszy.



Rys. 5. Sieć rekurencyjna wielowarstwowa. [15]

Ustalenie struktury sieci neuronowej nie jest rzeczą najważniejszą w projektowanej sieci. Nawet, gdy nie posiada ona optymalnej struktury, może poprzez nauczenie dobrze rozwiązywać postawione przed nią zadanie. Pod pojęciem uczynienia sieci należy, więc rozumieć wymuszenie na niej określonej reakcji na uprzednio zadane sygnały wejściowe. Istotnym elementem w procesie uczynienia sieci są wagi wejść poszczególnych neuronów. Sygnał, który zostaje wprowadzony do neuronu, napotyka na wagę, gdzie odbywa się proces mnożenia, a następnie jest zsumowany z innymi sygnałami. Jeśli zmienimy wartość wag sieci, neuron przyjmie inną funkcję i zacznie działać inaczej niż uprzednio, zmieni się wynik końcowy na wyjściu. Uczenie sieci polega, więc, na automatycznym dobraniu takich wartości wag, aby każdy neuron wykonał dokładnie takie czynności, które pozwolą sieci, możliwie jak najdokładniej rozwiązać dane zadanie. Istotnym czynnikiem przy uczeniu sieci jest dobór odpowiedniej metody uczenia. Podobnie jak człowiek, sieć może zdobywać wiedzę samodzielnie lub z pomocą. I tak wyróżnić możemy dwa podstawowe warianty procesu uczenia: uczenie z nauczycielem i uczenie bez nauczyciela.

Ważną cechą SNN jest również jej zdolność do uczenia się i generalizacji nabytej wiedzy. Poprawnie wytrenowana sieć potrafi kojarzyć nabytą wiedzę i wykazać oczekiwane działania na danych nie wykorzystywanych w procesie uczenia.

Najważniejszą cechą sieci neuronowych jest równoległe przetwarzanie informacji przez wszystkie neurony. Pozwala to na uzyskanie znacznego przyspieszenia procesu przetwarzania i staje się możliwe przetwarzanie sygnałów w czasie rzeczywistym [16].

## Logika rozmyta

Logika rozmyta (ang. *fuzzy logic*) została zaproponowana przez Lotfi Zadeha w 1965 roku. W logice rozmytej między stanem opisującym stany nieprawdziwe i prawdziwe istnieje szereg wartości pośrednich, nie jednoznacznie sklasyfikowanych. W opisie pewnych zdarzeń posługujemy się często pojęciami mało precyzyjnymi, np. zdecydowanie więcej, prawie, znacznie, powyżej, którym nie można przypisać konkretnych wartości, jak również zaklasyfikować jednoznacznie do konkretnego podzbioru cech. Zaproponowany opis zbioru rozmytego jest odpowiedzią na problemy wynikające z budowy i implementacji algorytmów wykorzystujących tak sformułowaną wiedzę.

Logika rozmyta okazała się bardzo przydatna w zastosowaniach inżynierskich, czyli tam, gdzie klasyczna logika klasyfikująca jedynie według kryterium prawda/fałsz nie potrafi skutecznie poradzić sobie z wieloma niejednoznacznościami i sprzecznościami. Znajduje wiele zastosowań, między innymi w elektronicznych systemach sterowania (maszynami, pojazdami i automatami), zadaniach eksploracji danych czy też w budowie systemów ekspertowych [1].<sup>1</sup>

Pojęcie zbioru rozmytego jest uogólnieniem definicji zbioru ostrego, gdzie dopuszcza się, aby funkcja charakterystyczna zbioru przyjmowała obok stanów krańcowych 0 i 1 również wartości pośrednie. W efekcie daje to możliwość dokładniejszego odwzorowania modelowanych i opisywanych zjawisk.

Zbiór konwencjonalny  $K$  jest zbiorem par:

$$K = \{(x, \varphi(x)) \mid x \in X\} \quad (2)$$

gdzie:

$$\varphi(x) : X \rightarrow [0,1]$$

$X$  – przestrzeń elementów składowych  $X$

Zbiór rozmyty  $R$  w przestrzeni  $X$  jest zbiorem par:

$$R = \{x, \phi(x) \mid x \in X\} \quad (3)$$

gdzie:

$$\phi : X \rightarrow \{0,1\}$$

Metody logiki rozmytej wraz z algorytmami ewolucyjnymi i sieciami neuronowymi stanowią nowoczesne narzędzia do budowy inteligentnych systemów mających zdolności uogólniania wiedzy [1].

## Wybrane narzędzia do budowy sztucznych sieci neuronowych

Matlab – jest środowiskiem interaktywnym, w którym wykonuje się obliczenia inżynierskie. Wyposażony jest we własny język programowania, który umożliwia pisanie w pełni funkcjonalnych programów. Pod względem grafiki istnieje możliwość rysowania dwu – trzywymiarowych wykresów, a także wizualizacji obliczonych wyników pod postacią rysunków statycznych oraz wyświetlenia jej animacji. Dane pomiarowe mogą być pobierane do poddania ich obróbce z urządzenia zewnętrznego przez porty. Funkcje specjalistyczne (tzw. toolbox), w które wyposażony jest Matlab zostały wykonane z myślą o: obliczeniach macierzowych, sieciach neuronowych, przetwarzaniu obrazów, przetwarzaniu sygnałów, logice rozmytej, statystyce, transformacji zafalowaniowej, identyfikacji systemów, optymalizacji, obliczeniach stało-przecinkowych, analizie finansowej, akwizycji danych. Do tworzenia sieci neuronowej w Matlabie wykorzystuje się funkcję biblioteki Neural Network Toolbox oraz Fuzzy Logic Toolbox.

Biblioteka Neural Network Toolbox dysponuje ponad 200 m-plikami, które dzielą się na dwie grupy:

- Katalog NNET – wyposażony jest w pliki funkcyjne umożliwiające projektowanie, uczenie, a także symulacje działań sztucznych sieci neuronowych,
- Katalog NNDEMOS – zawiera m-pliki skryptowe demonstracyjne, w których występuje wiele przykładów praktycznych zastosowań sztucznych sieci neuronowych wykorzystujących funkcje, które znajdują się w bibliotece.

Dodatkowo w bibliotece graficznej w pakiecie Matlab znajdują się bloki, które reprezentują określone warstwy sieci neuronowych. Bloki te wykorzystuje się do konstruowania blokowych schematów symulacyjnych.

Biblioteka Fuzzy Logic Toolbox – stanowi łatwe do użycia środowisko do modelowania w dziedzinie zbiorów rozmytych. Wyposażona jest ona w narzędzia do projektowania tzw. inteligentnych systemów sterowania. W skład biblioteki wchodzi ponad 140-m plików, które są pogrupowane w dwa katalogi:

- Katalog FUZZY – wyposażony jest w pliki funkcyjne, które umożliwiają projektowanie, analizę oraz symulację działań systemów rozmytych,
- Katalog FUZDEMOS - który wyposażony jest w wiele praktycznych przykładów dotyczących zastosowania logiki rozmytej.

W bibliotece dodatkowo możliwe jest projektowanie i wykonanie analizy systemów rozmytych w interfejsie graficznym GUI, który ułatwia cały proces projektowania.



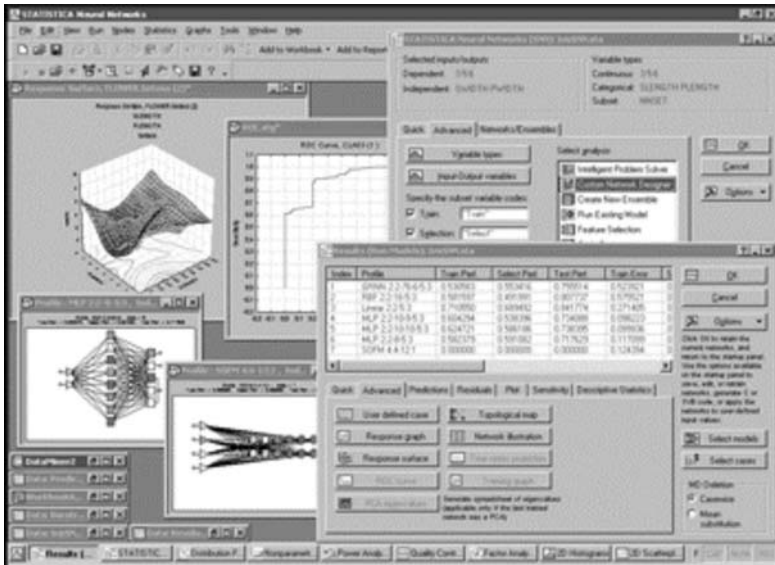
Rys. 6. Przykładowe okno „help” dla toolbox Neural Network programu Matlab

Statistica Neural Networks – wśród narzędzi, które są dostępne do projektowania i symulacji sieci neuronowych, jest to program najbardziej zaawansowany technologicznie [30]. Unikalne cechy, które są charakterystyczne dla tego programu to, duża sprawność w działaniu oraz dostępność wielu rzadko spotykanych narzędzi. Także dla użytkownika, który nie zajmuje się profesjonalnie projektowaniem sieci budowa i obsługa programu nie jest trudna. Dla mniej doświadczonych użytkowników dostępny jest, bowiem kreator, tzw. „Automatyczny projektant”, który służy użytkownikowi pomocą na każdym etapie budowy sieci neuronowej. Profesjonaliści znajdą tu duży zestaw typów sieci neuronowych oraz algorytmów uczących te sieci.

Do najważniejszych cech programu Statistica należą:

- Procedury do przetwarzania danych na wejściu i wyjściu oraz przetwarzania wyników, kodowania zmiennych nominalnych, uzupełnianie braków danych. Wymienione opcje są przystosowane do problemów dotyczących klasyfikacji, regresji oraz predykcji szeregów czasowych.
- Łatwa obsługa interfejsu połączona z dużą mocą analityczną: „Automatyczny projektant sieci” może prowadzić niedoświadczonego użytkownika małymi krokami przez proces projektowania, wyboru optymalnej architektury oraz uczenia sieci neuronowej.

- Mocne techniki analityczne oraz eksploracyjne, takie jak algorytm doboru cech.
- Wysoce zoptymalizowane, najnowocześniejsze algorytmy uczące, możliwość pełnej kontroli nad parametrami, które wpływają na jakość sieci.
- Konstruowanie sieci połączonych o różnych architekturach, o nieograniczonych wielkościach.
- Szczegółowe informacje o uczeniu sieci, wyświetlane w postaci graficznej oraz w postaci różnych statystyk.
- Raporty, wyniki lub wykresy, które są wyświetlane mogą być dzięki integracji z systemem Statistica, przetwarzane za pomocą narzędzi graficznych i analitycznych do dalszych konkretnych potrzeb.
- API (Application Programming Interface) pozwala na włączanie sieci do własnych programów pisanych w C, C++, Delphi, itp [17].



Rys. 7. Przykładowe okno programu Statistica Neural Networks [17]

## Wybrane projekty AI

### Projekt CAM-Brain (CAM – ang. Cellular Automata Machine)



Celem tego projektu było opracowanie sztucznego mózgu składającego się z miliarda neuronów, czyli osiągnięcie inteligencji małego kotka jako punkt wyjścia do budowy sztucznego mózgu o inteligencji ludzkiej.

Ten ambitny projekt rozpoczął się w roku 1993, kiedy to związana została grupa BBG (ang. Brain Building Group) na czele,



której stał się znany już wówczas specjalista AI, Hugo de Garis. Jednym z inicjatorów przedsięwzięcia był również przedstawiciel gdańskiej grupy badawczej GABRI (ang. Gdańsk Artificial Brain Research Initiative) – A. Buller. Grupa BBG działała pod patronatem firmy ATR (ang. Advanced Telecommunications Research).

Efektom tego projektu było skonstruowanie pierwszego neurokomputera CAM8, który po części realizuje ideę Turinga [18].

### **Projekt CYC (encyclopedia) [19]**

Projekt rozpoczęty został w roku 1984 i był finansowany przez MCC (Microelectronic and Computer Technology Corporation – Austin Texas). Projekt ten związany jest z budową systemu doradczego opartego na regułach zawartych w bazie wiedzy, znanego pod akronimem CYC (nazwa jest fragmentem słowa enCYClopedia). Celem jest stworzenie oprogramowania posiadającego tak szeroką wiedzę, by można ją uznać za „zdrowy rozsądek”. Douglas Lenat, kierownik tego projektu, ocenia liczbę potrzebnych reguł w takim systemie na około 100 milionów! Według niego w programach AI brakuje przede wszystkim dostatecznie szerokiej bazy wiedzy. Systemy doradcze pokazały, że nawet niewielka baza wiedzy, rzędu 100-1000 reguł w jakiejś wąskiej dziedzinie, prowadzić może do interesujących rezultatów. Jednak programy takie są mało odporne nawet na niewielkie odstępstwa od ścisłości sformułowań przy zadawaniu pytań.

Należy sądzić, że system CYC stanie się podstawą inteligentnych systemów doradczych przyszłości.

### **Projekt Soar [20]**

Projekt rozwijany przez Allana Newella oparty jest na stworzonej przez niego teorii działania umysłu i możliwości uczenia się, tworząc w czasie rozwiązywania problemu reguły działania wyższego rzędu. Stosowano go między innymi do tworzenia „agentów” uczących obsługi skomplikowanych urządzeń technicznych w środowisku wirtualnym.

Soar jest architekturą wykorzystywaną do eksploracji systemów wykazujących sztuczną inteligencję. Prowadzone na całym świecie prace zarówno w obszarach AI, jak i nauk poznawczych wykorzystują Soar. Architektura rozwijana od roku 1983 funkcjonuje dziś w wersji 8.6.

W pracach nad tym projektem zmierza się do opracowania pełnego zakresu metod do rozwiązywania zadań, jakie stoją przed inteligentnymi agentami, począwszy od tych najprostszych, a kończąc na ekstremalnie trudnych, niezalgorytmizowanych.

Włączenia właściwych form wiedzy, zastosowania odpowiednich metod rozwiązywania problemów oraz komunikowania się z otaczającym światem. Celem jest, zatem znalezienie wszelkich rozwiązań niezbędnych w tworzeniu inteligentnych agentów.

### **Projekt Act\* [21]**

Projekt prowadzony w roku 1983 przez John'a Andersona. Ten projekt oraz Act-R miały za zadanie doprowadzić do budowy organizacji umysłowo-podobnej. Act\* znalazł zastosowanie przy badaniach nad wyjaśnianiem własności pamięci, kolejności odpowiedzi i przypominania, uczenia się nowych słów, uczenia się elementów programowania i rozumowania geometrycznego w czasie dowodzenia twierdzeń [11].

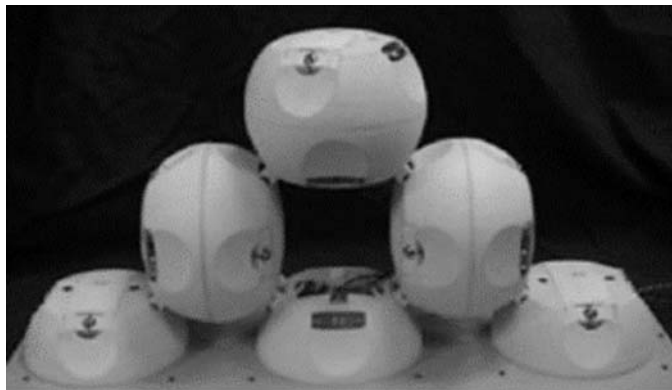
### **Projekt CCortex [22]**

Projekt prowadzony w Artificial Development (AD) jest największą symulacją sieci neuronowej imitującą zachowania ludzkiej kory mózgowej. Składa się ona z  $20 \times 10^9$  neuronów oraz  $10^{12}$  połączeń osiągając w ten sposób poziom złożoności porównywalny z mózgiem ssaka. Jest to największa sieć i najbardziej zbliżona pod względem budowy do ludzkiego mózgu, jaką do tej pory zbudowano. Jest ona blisko 10 000 razy większa od poprzednich prób budowy symulatora ludzkiej inteligencji.

CCortex pracuje na wysokowydajnych komputerach połączonych w klastr składający się z 500 węzłów, 1000 procesorów i wykorzystujący 1 TB pamięci RAM. W systemie zastosowano 200 TB przestrzeń dyskową pamięci. Dane wykorzystywane w symulacjach systemu CCortex są syntezą projektów prowadzonych w AD, np. Cortical DB czy też NanoAtlas.

### **Projekt HYDRA [23]**

Projekt HYDRA poświęcony jest modularnym robotom, zdolnym modyfikować swój kształt w trakcie wykonywania operacji. Projekt HYDRA nadzorowany jest przez konsorcjum, w skład, którego wchodzi: Instytut Maersk (Dania), LEGO, Uniwersytet w Zurychu i Uniwersytet w Edynburgu. Jądro projektu stanowią klasy modułów, które są zdolne do wykonywania autonomicznych operacji, komunikowania się między sobą, oraz samokonfiguracji do praktycznie dowolnego kształtu lub funkcji. Klasa modułów HYDRON dedykowana jest pracy w środowiskach płynnych, podczas gdy jednostki oparte na modułach ATRON (rys. 1) mogą pracować na powierzchni.



Rys. 8. Trzy prototypowe moduły ATRON na platformie testowej [24]

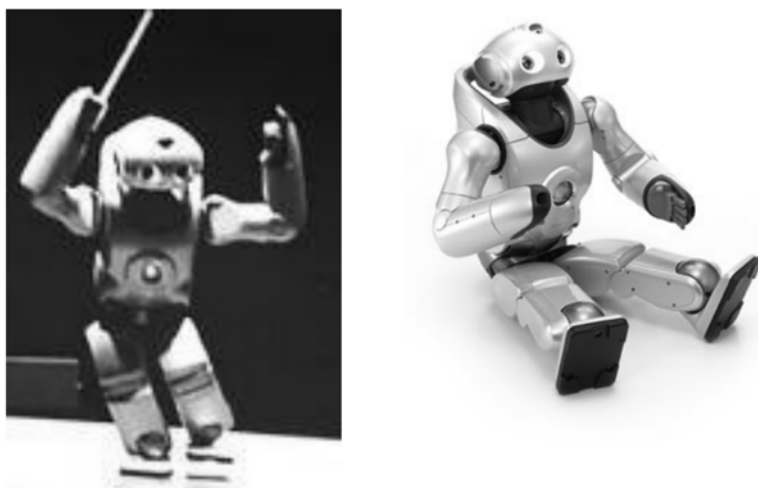
Projekt tego typu maszyn bazuje na obserwacjach zaczerpniętych z biologii. Sposób, w jaki funkcjonują roboty w technologii HYDRA przypomina interakcje pomiędzy komórkami biologicznymi, przemieszczanie się komórek oraz ich zdolność do samorekonstrukcji. Swoim kształtem, roboty składające się z wielu elementarnych sferycznych jednostek, przypominają łańcuchy atomów lub komórek. Typowa jednostka ATRON składa się z dwóch półkul, północnej i południowej, które mogą obracać się wokół osi - równika. Każda półsfera jest wyposażona w zestaw spolaryzowanych łączników (tzw. końcówki męskie i żeńskie), umożliwiających modułom wzajemne łączenie się i działanie jako jeden „organizm”. Dodatkowo, dzięki wbudowanym czujnikom podczerwieni, moduły są zdolne do postrzegania obecności innych modułów. Tą samą drogą, pomiędzy modułami, przekazywane są rozkazy sterujące, czego efektem jest komunikacja. Operacje autonomiczne nadzoruje pokładowy komputer wieloprocessorowy, natomiast dodatkowe czujniki monitorują ruch, prędkość obrotową i kąty nachylenia. Zastosowanie robotów ATRON w krótko-terminowym horyzoncie czasowym, możliwe jest w przemyśle rozrywkowym oraz innych gałęziach technologicznych. Bardziej złożone zastosowania, wymagające dodatkowych badań, mogą obejmować takie dziedziny, jak: operacje medyczne w nanoskali, eksplorację przestrzeni kosmicznej oraz inspekcje niebezpiecznego środowiska [23].

### Projekty komercyjne Qrio

Projekt Qrio jest komercyjnym projektem firmy Sony. Udało się opracować homoidalnego robota, następcę SDR. Firma reklamuje go jako pierwszego robota, w którym zastosowano dynamiczny chód. Nauczenie robota biegania ma stanowić przełom w robotyce. Robot, ważący około 7 kg, pokonuje dystans 14 m w ciągu jednej minuty. Najważniejszą techniczną innowacją jest to, iż Qrio w trakcie „biegu”

traci kontakt z podłożem. Mimo, iż jest to jedynie wartość około 40 ms (lekkoatleci  $<1s$ ), żaden poprzedni mechanizm tego nie potrafił. Dodatkowo dzięki zwiększeniu czułości palców robota, możliwe jest obracanie w dłoni piłeczki baseballowej, rzucanie lekkich przedmiotów na odległość do 40 cm, czy trzymanie partnerów w tańcu.

Robot ten ma już również „doświadczenie” w prowadzeniu Tokijskiej Orkiestry Symfonicznej wykonującą Piątą Symfonię Beethovena.



Rys. 9. Homoidalny robot *Qrio* – produkt firmy Sony [25]

Występ wzbudził entuzjazm nie tylko publiczności, ale też specjalistów z dziedziny robotyki. Precyzja i szybkość ruchów QRIO stawiają go, bowiem na szczycie dotychczasowych osiągnięć w dziedzinie budowy humanoidalnych robotów. Zadowoleni byli również japońscy muzycy, którzy obawiali się występu pod batutą robota. Nie chodzi tu o żadne uprzedzenia – po prostu muzycy z reguły kontrolują tempo gry obserwując szybkość oddechu dyrygenta, co tym razem z oczywistych względów nie było możliwe. Wystarczyło jednak zaufać ruchom QRIO, które – jak przystało na maszynę – były perfekcyjnie zgrane w czasie.

## **Aibo [26]**

Aibo jest jednym z pierwszych komercyjnych projektów robota autonomicznego (w miarę autonomicznego). Aibo jest nowym rodzajem robota: autonomiczny, odczuwający swoje środowisko, oraz będący w stanie uczyć się podobnie jak dojrzewający pies. Dla każdego Aibo doświadczanie przez niego świata przebiega inaczej, każdy odkrywa swoją własną niepowtarzalną quasi-osobowość – inną od każdego kolejnego Aibo na świecie!

Aibo posiada 20 interaktywnych obszarów, umożliwiających mu poruszanie się. Posiada kilka sensorycznych zmysłów: dotyk (przez jego głowę, podbródek i plecy), słuch (stereo mikrofony), wzrok (kamera w jego głowie), oraz zmysł równowagi. Ponadto, dzięki sensorowi na podczerwień, dysponuje możliwością określania dystansu, regulacji szybkości poruszania się (np. bieg/chód) i zmysł odpowiedzialny za temperaturę. Cała ta aparatura pozwala zaadoptować się do otoczenia oraz nabywać nowe, wygenerowane w interakcji ze środowiskiem, psie zachowanie!

Modele Aibo są trzykrotnymi mistrzami świata w robocich zawodach gry w piłki nożną, zwanymi RoboCup.



Rys. 10. Autonomiczny robot Aibo [23]

### **P3, Asimo projekt Honda**

Model prototypowy **P3** jest to humanoidalny robot stworzony we wrześniu 1997 przez japońską firmę Honda. Zasilany bateriami Ni-ZN 138V 6Ah może funkcjonować efektywnie przez 25 minut. Maksymalna prędkość, jaką może osiągnąć wynosi 2 km/h. Przy rozmiarach (160x55.5x60)cm waży 130 kg. Asimo jest kolejnym modelem dwunożnego robota. Uważany jest za jeden z najbardziej rozwiniętych technicznie, chodzących robotów na świecie. Jest następcą następujących wersji robotów:

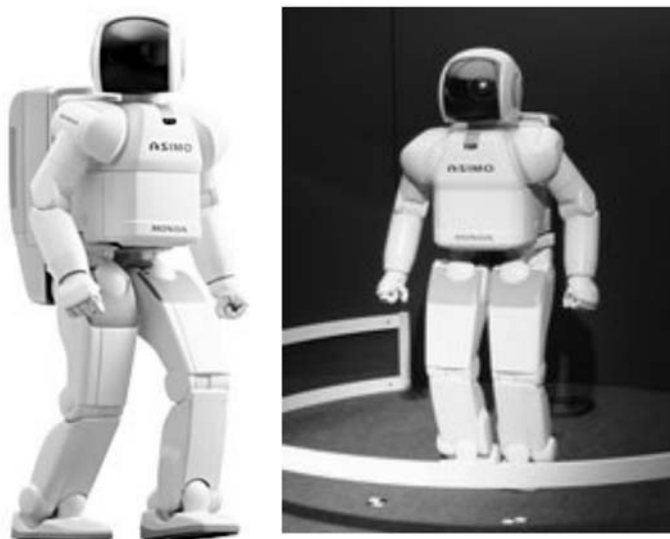
- 1986: E0
- 1987 - 1991: E1, E2, E2
- 1991 - 1993: E4, E5, E6
- 1994 - 1997: P1, P2, P3

W porównaniu do poprzedniego modelu P3, Asimo jest poszerzony o możliwość skrętu bioder, zginania karku, nadgarstków i palców. Rozpoznaje poruszających się ludzi oraz ich twarze. Może podążać za ich ruchem. Przychodzi także na zawołanie i potrafi rozpoznać 50 japońskich zwrotów. Asimo najwierniej z dotychczas stworzonych robotów odtwarza ruchy, jakie wykonują ludzie przy chodzeniu.

ASIMO bierze udział m.in. w corocznym turnieju RoboCup –mistrzostwach świata robotów w piłce nożnej. Projektem dość poważnie zainteresowana jest NASA. Agencja upatruje w tym robocie dobrego kandydata do lotów kosmicznych na Marsa. Jednak wpieryw producent będzie musiał zmierzyć się z problemem, jakim jest niska wytrzymałość akumulatorów zapewniająca energię na zaledwie 25-30 minutowy spacer.

15 grudnia 2004 roku Honda przedstawiła nową generację ASIMO. Prędkość chodu zwiększono z 1,6 km/h do 2,5 km/h. Dodano także możliwość biegania z prędkością 3 km/h (robot utrzymuje się w powietrzu przez 0,05 s). Żywotność akumulatorów zwiększono do 1 godziny. Zmianie uległa jego waga oraz wysokość.

13 grudnia 2005 roku ASIMO przeszedł kolejną modyfikację. Największą zmianą w stosunku do poprzednika jest zwiększenie prędkości biegu z 3 km/h do 6 km/h (teraz robot w powietrzu utrzymuje się przez 0,08 s). Robot może także biegać po okręgu o średnicy 2,5 metra z prędkością 5 km/h. Zwiększono także prędkość chodu z 2,5 km/h do 2,7 km/h. Kiedy ASIMO przenosi przedmiot o wadze do 1 kg, prędkość jest automatycznie obniżona do 1,6 km/h. Zaimplementowana została również możliwość spaceru za rękę z osobą towarzyszącą.



Rys. 11. M Humanoidalny robot wyprodukowany przez firmę Honda – model ASIMO [1]

## Inne

Android antropomorficzny płci żeńskiej o nazwie „replique Q1” został stworzony przez japońskich naukowców pracujących na uniwersytecie w Osace. Skóra

robota została wykonana z niezwykle plastycznego silikonu, bardzo przypominającego właściwościami ludzką skórę. Robot może poruszać rękoma, a nawet, zupełnie jak człowiek, mrugać oczami. Specjalne sensory powodują, że android „wydaje się oddychać”.

Profesor Hiroshi Ishiguru z uniwersytetu w Osace twierdzi, że pewnego dnia roboty będą tak doskonałe, że nietrudno będzie je wziąć za człowieka z krwi i kości. „Skonstruowałem wiele robotów, ale szybko doszedłem do wniosku, że bardzo ważny jest ich wygląd. Fakt, iż robot wygląda jak człowiek daje wrażenie, że naprawdę jest obecny”.

Jest on również pomysłodawcą innego robota, który ma wygląd pięcioletniej dziewczynki. Android ten został nazwany repliee R1. Robot ten był w stanie poruszać głową w dziewięciu kierunkach i poruszać rękoma. Nowy robot repliee Q1 jest udoskonalony. Repliee Q1 może wchodzić w interakcje z ludźmi. Reaguje na dotyk człowieka.



Rys. 12. Android antropomorficzny repliee Q1 [1]

## Zagrożenia stosowania sztucznej inteligencji

Zanim poważnie będzie się mówić o realnych zagrożeniach płynących ze stosowania sztucznej inteligencji, trzeba odpowiedzieć sobie na pytanie - kiedy prawdziwie inteligentne maszyny uda się stworzyć? Istnieje wiele wyobrażeń o robotach przyszłości, które będą się zachowywać jak ludzie i będą się z nimi komunikować w naturalny dla człowieka sposób. Te wyobrażenia biorą się przede wszystkim z wizji autorów filmów i książek fantastyczno-naukowych. Pomimo prowadzonych

na świecie wielu projektów nad budową robotów humanoidalnych, wydaje się, iż w przyszłości inteligentne maszyny nie będą chodzącymi i mówiącymi robotami. Ewolucja wytworzyła system pamięci, który przy wykorzystaniu narządów zmysłów potrafi stworzyć model świata i przewidywać przyszłe zdarzenia. Ta sama zasada powinna zostać wykorzystana przy budowie IM. Maszyny powinny posługiwać się zestawem zmysłów, ale innym niż te, które wykorzystuje człowiek, gdyż dotyczą one funkcjonowania maszyn w zupełnie innym niż człowiek świecie. Wraz z rozwojem nauki inteligencja maszyny powinna przejawiać się w tworzeniu własnego modelu świata z jego poznaniem poprzez obserwację i wskazówki nauczyciela. Fizyczne inteligentne maszyny mogą być wbudowane w samoloty, samochody lub dowolne miejsce nie związane z zestawem zmysłów, których lokalizacja jest dowolna i zależna jedynie od przeznaczenia samej maszyny. Wygląd inteligentnych maszyn może przybierać różne formy. Nie ma jednak żadnego uzasadnienia, dla którego miałyby one wyglądać i funkcjonować w sposób podobny do ludzi.

*Inteligencja to właściwość związana z przewidywaniem opartym na hierarchicznym systemie pamięci, a nie zachowaniem podobnym do ludzkiego [27]*

Największym wyzwaniem dla rozwoju IM jest zbudowanie właściwego systemu pamięci. System ten musi być tak pojemny jak kora mózgowa człowieka. Podstawowe trudności z jej realizacją to pojemność i sieć połączeń pomiędzy komórkami pamięci. Jest to możliwe do realizacji, choć przy obecnym rozwoju technologicznym, nie pozwala osiągnąć miniaturyzacji pozwalającej mieścić ją, np. w kieszeni. Drugi problem związany jest z systemem połączeń. W prawdziwym mózgu pod warstwą kory znajduje się tzw. tkanka biała, która składa się z milionów aksonów biegnących w różnych kierunkach i łączących ze sobą poszczególne obszary kory. Pojedyncza komórka nerwowa może być połączona z wieloma tysiącami innych neuronów. Taki układ połączeń trudno jest zrealizować na bazie układów krzemowych. Jednak nie jest to problem, którego obecnie już nie dałoby się rozwiązać. Ponieważ przewodzenie elektryczne z wykorzystaniem metalowych nośników energii jest zdecydowanie szybsze niż przewodzenie sygnałów między neuronami, istnieje możliwość wykorzystania w sztucznych strukturach pamięci pojedynczych połączeń do przekazywania sygnałów pochodzących od kilku tysięcy różnych komórek pamięci. Znalezienie rozwiązań dla wspomnianych problemów technicznych pozwoli na konstruowanie prawdziwych maszyn inteligentnych.

Perspektywa powstania IM mogących samodzielnie myśleć i podejmować decyzje, wprowadza niepokój wśród ludzi. Rodzą się wątpliwości i obawy związane



z brakiem przydatności człowieka do większości prac, wykorzystywaniem ludzkich ciał, czy też ignorowanie wartości ludzkiego życia. Wydaje się, iż obawy te są bezpodstawne i dopóki nie będzie jakichkolwiek przesłanek, iż ludzie będą kiedykolwiek w stanie stworzyć nie tylko maszynę inteligentną, ale również posiadającą świadomość i własną osobowość - nieuzasadnione. Podobne obawy pojawiają się zawsze, gdy zaczynamy mieć do czynienia z zupełnie nową technologią.

Domowy komputer lub Internet ma takie same szanse na uzyskanie świadomości, co sklepowa kasa fiskalna [26].

Oczywiście nie da się wykluczyć niebezpiecznego wykorzystania tej technologii mogącej prowadzić do katastrofy, tak jak ma to miejsce w przypadku energii atomowej.

Wiele mówi się o zagrożeniach płynących z zastosowania AI, ale rozważanie te, choć przytaczane przy okazji zagadnień sztucznej inteligencji, nie zawsze jej dotyczą. Przykładem może być tutaj podnoszenie problemu zagwarantowania prywatności, szpiegostwa przemysłowego i sabotażu komputerowego [13]. Inną alarmującą perspektywą, choć nie dotyczy ona bezpośrednio AI, jest możliwość wyprodukowania fałszywego obrazu danej osoby, który następnie może pojawić się na ekranie telewizora i wyrazić poglądy sprzeczne z poglądami prawdziwej osoby.

Nieco inny problem stanowią powstające systemy ekspertowe, które umożliwiają sformułowanie doświadczenia i wiedzy nielicznych ekspertów w postaci odpowiedniego programu komputerowego, który można następnie powszechnie stosować.

Czy jednak systemy te mogą w jakikolwiek sposób zaszkodzić grupom specjalistów z branż, w których takie systemy powstały i funkcjonują? Analizując zalety ekspertyz systemów ekspertowych, obecność systemów jest jak najbardziej uzasadniona [28]. Powinny one jednak służyć pomocą lokalnym ekspertom, tak aby dzięki nim znacznie więcej osób mogło skorzystać z doświadczenia i wiedzy wybitnych specjalistów.

## Literatura

1. <http://pl.wikipedia.org>
2. W. Duch, Fascynujący świat komputerów, Wyd. Nakom, 1997.
3. The McGraw-Hill Illustrated Encyclopedia of Robotics & Artificial Intelligence, red. S. Gibilisco, 1994.
4. J. Haugeland, Artificial Intelligence, The MIT Press, 1985.
5. R. Kurzweil, The Age of Spiritual Machines, Books Penguin, 1999.
6. E. Rich, K. Knight, Artificial Intelligence, McGraw-Hill Science, 1990.
7. R. J. Schalkoff, Artificial Intelligence: An Engineering Approach, McGraw-Hill College, 1990.
8. P. H. Winston, Artificial Intelligence, Addison-Wesley Pub Co, 1992.
9. <http://portalwiedzy.onet.pl/> - hasło 'sztuczna inteligencja'
10. [http://encyklopedia.pwn.pl/30489\\_1.html](http://encyklopedia.pwn.pl/30489_1.html)
11. M. J. Kasperski, Sztuczna Inteligencja, Helion, 2003.

12. <http://www.systransoft.com/>
13. <http://www.cyberforum.edu.pl/> - tekst P. Filipkowski, A. Błachnio
14. J. Mulawka Systemy ekspertowe, Warszawa 1997, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne
15. S. Osowski, Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym, Warszawa 1996, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne
16. S. Osowski, Sieci neuronowe do przetwarzania informacji, Warszawa 2000, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
17. [http://www.statsoft.pl/stat\\_nn.html](http://www.statsoft.pl/stat_nn.html)
18. <http://www.cs.usu.edu/~degaris/cam/>
19. <http://www.cyc.com/>
20. <http://www.soartech.com/home.php>
21. <http://act-r.psy.cmu.edu/about/>
22. <http://www.ad.com/projects.asp>
23. <http://hydra.mip.sdu.dk/>
24. [http://www.gazeta-it.pl/rozmaitosci/git30/roboty\\_do\\_druku.html](http://www.gazeta-it.pl/rozmaitosci/git30/roboty_do_druku.html)
25. <http://www.sony.net>
26. <http://www.kognitywistyka.net/si/aibo.htm>
27. J. Hawkins, Istota inteligencji, Helion, 2006
28. [http://datamining.home.pl/\\_DSS/historia.html#6](http://datamining.home.pl/_DSS/historia.html#6)
29. M. Białko, Podstawowe właściwości sieci neuronowych i hybrydowych systemów ekspertowych, 2000.
30. A. Buller, Sztuczny mózg. To już nie fantazje, Prószyński i S-ka, Warszawa 1998.
31. J. Chromiec, E. Strzemieczna, Sztuczna inteligencja. Podstawowe metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1994.
32. J. Cytowski, Metody i algorytmy sztucznej inteligencji w cyfrowym przetwarzaniu sygnałów, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1999.
33. W. Duch, J. Korbicz, L. Rutkowski, R. Tadeusiewicz (red.), Sieci neuronowe, Exit, 2000.
34. W. Duch, J. Korbicz, L. Rutkowski, R. Tadeusiewicz, Biocybernetyka 2000: Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2000.
35. G. B. Dyson, Darwin wśród maszyn. Rzecz o ewolucji inteligencji, tłum. R. Piotrowski, Prószyński i S-ka, Warszawa 2005.
36. J. Hawkins, S. Blakeslee, Istota inteligencji, tłum. T. Walczak, Onepress, Gliwice 2006.
37. J. Hertz, A. Krogh, R. G. Palmer, Wstęp do teorii obliczeń neuronowych, tłum. S. Jankowski, WNT, Warszawa
38. J. Kloch, Świadomość komputerów: argument Chińskiego Pokoju w krytyce sztucznej inteligencji według Johna Searle'a, Wyd. Biblos, Tarnów 1996.
39. J. Korbicz, A. Obuchowicz, D. Uciński, Sztuczne sieci neuronowe. Podstawy i zastosowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza, 1994.
40. W. Marciszewski, Sztuczna inteligencja, Znak, Kraków 1998.
41. M. Mazur, Cybernetyka i charakter, Wyd. Aula, Wyd. II 1996; Wyd. III Wyd. Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania, Warszawa 1999.
42. P. Menzel, F. D'Aluisio, Robo Sapiens. Czy roboty mogą myśleć?, tłum. K. Tchoń, Wyd. G + J Gruner + Jahr Polska, 2002.
43. D. Rutkowska, Inteligentne systemy obliczeniowe. Algorytmy i sieci neuronowe w systemach rozmytych, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1997.
44. D. Rutkowska, Inteligentne systemy obliczeniowe, 1997.
45. D. Rutkowska, M. Piliński, L. Rutkowski, Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1997.

46. L. Rutkowski, Sieci neuronowe i neurokomputery, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1998.
47. Scott, Schody do umysłu. Nowa kontrowersyjna wiedza o świadomości, tłum. H. Barańska, WNT, Warszawa 1999.
48. J. R. Searle, Umysł, mózg i nauka, PWN, Warszawa 1995.
49. W. Stuckin, Mózg i maszyny, Wiedza Powszechna, Warszawa 1957.
50. B. Stefanowicz, Metody sztucznej inteligencji i systemy ekspertowe, Wyd. Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa 1993; Wyd. II Wyd. Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania, Warszawa 2000; Wyd. III Warszawa 2001.
51. Szałas, Zarys dedukcyjnych metod automatycznego wnioskowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1992.
52. E. Szumakowicz (red.), Granice sztucznej inteligencji. Eseje i studia, Wydawnictwo Naukowe DWN, Kraków 2000.
53. R. Tadeusiewicz (red.), Wprowadzenie do sieci neuronowych, Wyd. StatSoft, Kraków 1998.
54. R. Tadeusiewicz, Sygnał mowy, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1988.
55. R. Tadeusiewicz, Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Wyd. II 1993.
56. D. H. Wilson, Jak przetrwać bunt robotów? Czyli jak bronić się przed nadchodzącą rebelią, tłum. M. Kowasz, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 2006.
57. J. Woźnicki, Podstawowe techniki przetwarzania obrazu, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1996.
58. J. Zieliński (red.), Inteligentne systemy w zarządzaniu, PWN, Warszawa 2000.
59. J. Żurada, M. Barski, W. Jędruch, Sztuczne sieci neuronowe, PWN, Warszawa 1996.

