

Literatura

1. G. Luger: „Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving”, Addison-Wesley, 2005
2. P. Cichosz: „Systemy uczące się, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 2007.
3. A. Niederliński: „Regułowe systemy ekspertowe”, Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2000.
4. J. Żurada, M. Barski, M. Jędruch: „Sztuczne sieci neuronowe”, PWN 1996.

Inteligencja

Wiele definicji inteligencji:

- Zdolność rozumienia otaczających sytuacji i znajdowania na nie właściwych reakcji
- cecha umysłu odpowiadająca za sprawność w zakresie myślenia, rozwiązywania problemów i innych czynności poznawczych
- zespół zdolności umysłowych umożliwiających jednostce korzystanie z nabytej wiedzy przy rozwiązywaniu nowych problemów i racjonalnym zachowaniu w różnych sytuacjach życiowych.
- zdolność do (poprawnego, sprawnego itd.) rozwiązywania zadań intelektualnych, które zazwyczaj uchodzą za trudne.

Inteligencja...

Trzy podstawowe formy inteligencji:

- praktyczna - umiejętność rozwiązywania konkretnych zagadnień
- abstrakcyjna - zdolność operowania symbolami i pojęciami
- społeczna - umiejętność zachowania się w grupie.

Miara inteligencji - iloraz inteligencji IQ (z angielskiego *Intelligence Quotient*, badany za pomocą specjalnie opracowanych testów.

Sztuczna inteligencja

- Nauka o maszynach realizujących zadania, które wymagają inteligencji wówczas, gdy wykonywane są przez człowieka (Minsky)
- Dziedzina informatyki dotycząca metod i technik wnioskowania symbolicznego przez komputer oraz symbolicznej reprezentacji wiedzy stosowanej podczas takiego wnioskowania (Feigenbaum)

Cel SI – budowa inteligentnej maszyny, aby imitowała elementy składające się na ludzką inteligencję

Sztuczna inteligencja...

Przedmiotem sztucznej inteligencji jest konstruowanie systemów inteligentnych: programów komputerowych zdolnych do wykonywania zadań, które od człowieka wymagają inteligencji.

Koncepcję sztucznej inteligencji można opisać podając kryteria, jakie według nich spełnia sztuczny system inteligentny, np.:

1. system, który myśli jak człowiek,
2. system, który myśli racjonalnie,
3. system, który zachowuje się jak człowiek,
4. system, który zachowuje się racjonalnie.

Sztuczna inteligencja...

Dlaczego sztuczna inteligencja jest w ogóle potrzebna?

- Nie każdy problem można rozwiązać nawet przy użyciu najszybszego komputera
 - Przykładowo problemy NP-trudne
- Nie każdy problem jest algorytmizowalny

Sztuczna inteligencja...

Czy komputer może myśleć?
Co to znaczy myśleć?

Czy komputer może być inteligentny?
Co to znaczy inteligentny?

Chodzi raczej o jak najlepsze wykonanie stojącego przed systemem zadania niż naśladowanie człowieka, w którego zachowaniu mogą występować motywacje pozaracjonalne.

Żeby odpowiedzieć na pytanie „czy komputer może myśleć?”
-test Turinga

Test Turinga

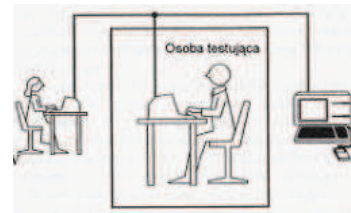
„Computing Machinery and Intelligence (1950)”

Alan Mathison Turing (1912-1954) -brytyjski logik; twórca podwalin informatyki teoretycznej.

Teza:

Maszyna inteligentna - maszyna która odpowiada tak, że nie możemy odróżnić jej odpowiedzi od inteligentnych odpowiedzi człowieka

- jedynym sposobem kontaktu jest ekran komputera
- gdy osoba testująca nie jest w stanie odróżnić „z kim rozmawia” maszyna jest inteligentna



Program ELIZA, Joseph Weizenbaum, 1964(?)

Program udaje psychoanalitikę

Człowiek (pacjent): Wszyscy mężczyźni są tacy sami.

Komputer (lekarz): Co masz na myśli?

Człowiek (pacjent): Zawsze czegoś od nas chcą.

Komputer (lekarz): Czy możesz podać jakiś konkretny przykład?

Człowiek (pacjent): No, mój chłopak kazał mi tu przyjść.

Komputer (lekarz): Twój chłopak kazał ci tu przyjść?

Człowiek (pacjent): On mówi, że ja ciągle mam dołek.

Komputer (lekarz): Przykro mi, że ciągle masz dołek.

Człowiek (pacjent): Bo to prawda, stale jestem nieszczęśliwa.

Komputer (lekarz): Czy myślisz, że pomoże ci, że tu przyszedłeś?

Człowiek (pacjent): Może mógłbyś nauczyć mnie radzić sobie z matką.

Komputer (lekarz): Powiedz mi więcej o swojej rodzinie.

Trudności SI

- Przez ostatnie 40 lat włożono wiele środków i wysiłku w to, żeby komputery zaliczyły test Turinga
- Trudność w interpretacji wyników - zachowanie daje się odróżnić od ludzkiego, choć nie na pierwszy rzut oka
- Problem filozoficzny - czy test Turinga prawidłowo ujmuje naturę inteligencji?
- Przykład – szachy: komputery bez trudu ogrywają wszystkich z wyjątkiem arcymistrzów (albo ich też), a jednocześnie twórcy programów szachowych nie mają wątpliwości, że w nich żadnej inteligencji nie ma.

Jak działa ELIZA?

1. Wymiany gramatyczne:
ja ↔ ty, mnie ↔ ciebie, mam ↔ masz
Np.
mój chłopak kazał mi tu przyjść
twój chłopak kazał ci tu przyjść?
2. Słowa kluczowe pogrupowane w klasy np:
ojciec, tatuś, matka, mama, brat, siostra, babcia -rodzina
lubię, nienawidzę, kocham, wkurza mnie –uczucia
Np. po rozpoznaniu słowa „matka”:
powiedz mi więcej o swojej rodzinie
3. Kiedy wszystko zawiedzie:
ELIZA cofa się o kilka zdań np.:
przedtem mówiłaś, że mężczyźni są tacy sami
albo w ogóle zmienia temat

Czy ELIZA jest inteligentna?

W programie ELIZY jest tylko pewna ilość reguł bezmyślnego przetwarzania słów i zdań.

- ELIZA nie potrafi się uczyć
- ELIZA nie potrafi modyfikować swojego zachowania w zależności od potrzeb
- ELIZA nie potrafi stawiać sobie własnych celów
- ELIZA nie potrafi realizować własnego interesu
- Mniej więcej po 20 pytaniach człowiek zaczyna się orientować, wg jakiego schematu ELIZA odpowiada
- Jej zachowanie jest łatwo przewidywalne.

ELIZA pokazuje, że możliwe jest udawanie zachowania inteligentnego w sposób bezmyślny

Związek inteligencji z uczeniem się

Czy program komputerowy mógłby uczyć się i modyfikować swoje zachowanie?

- **TAK** - program grający w szachy przed każdym ruchem ocenia sytuację na szachownicy po wykonaniu każdego ruchu i wybiera ruch po którym ocena będzie najwyższa;

Czy program komputerowy mógłby zachowywać się w sposób nieprzewidywalny?

- Raczej **NIE**, bo jego zachowanie jest wyznaczone przez dane;
- W pewnym zakresie **TAK**, jeżeli do programu zostanie wprowadzony jakiś element losowy.

Związek inteligencji z uczeniem się...

- Istnieją bezmyślnie działające programy wygrywające w szachy z arcymistrzami.
- Ani arcymistrzowie (ani tym bardziej autorzy programów) nie są w stanie przewidzieć, jaki ruch wykona program.
- Nieprzewidywalność zachowania nie stanowi jednak kryterium inteligentności.

„Mocna” sztuczna inteligencja

„Mocna” sztuczna inteligencja stawia sobie za cel konstruowanie systemów inteligentnych, którym można by przypisać

zdolność do myślenia w sposób w pewnym stopniu dający się porównywać z myśleniem ludzkim.

- Mocna hipoteza (strong AI, hard AI):
 - umysł to program dla maszyny cyfrowej,
 - program wystarczająco zaawansowany może wytworzyć świadomość,

Zwolennicy tego poglądu zapowiadają wyprodukowanie świadomości komputerów do ok. 2030 r., uważając, że świadomość to byt stosunkowo nieskomplikowany i sprostą mu technologia najbliższych dekad.

„Słaba” sztuczna inteligencja

Określenie „słaba” wyraża raczej skromne i pragmatyczne cele:

rozwiązywanie „trudnych” zadań w sposób umożliwiający praktyczne zastosowania.

- Zadania te reprezentują tylko niektóre wybrane aspekty „zachowania inteligentnego”, które mogą w znacznej mierze być rozwiązywane niezależnie
- Systemy inteligentne z punktu widzenia „słabej” sztucznej inteligencji to systemy rozwiązujące takie zadania i wykorzystujące w tym celu odpowiednie inteligentne techniki obliczeniowe.

Czy już żyjemy w erze sztucznej inteligencji?

- **NIE**: pojmując sztuczną inteligencję w sensie mocnym, to znaczy jako inteligencję maszynową wytworzoną przez człowieka oraz równą ludzkiej w sensie posiadania świadomością
- **TAK**: Ograniczając się do sztucznej inteligencji w jej technicznym, czyli „słabym” sensie

Ogólne zadania sztucznej inteligencji

1. Przeszukiwanie
2. Wnioskowanie
3. Uczenie się

Zadanie przeszukiwania

- Zadania, dla których należy znaleźć rozwiązania spełniające pewne ustalone kryteria i ograniczenia
- Przeszukiwana przestrzeń obejmuje potencjalne rozwiązania zadania, w tym także niekompletne, nie spełniające ograniczeń, niskiej jakości
- Przeszukiwana przestrzeń w interesujących praktycznie przypadkach jest zbyt duża, aby przy użyciu maksymalnych dostępnych obecnie i w wyobraźalnej przyszłości mocy obliczeniowych rozważyć każde jej elementu mogło być przeprowadzone w akceptowalnym czasie.
- **Cel przeszukiwania** - znajdowanie zadowalających rozwiązań poprzez dokonanie niewyczerpującego przeszukiwania przestrzeni rozwiązań.

Zadanie przeszukiwania...

- **Sformułowanie zadania** - poprzez określenie zbioru stanów, z wyróżnionym stanem początkowym i zbiorem stanów końcowych, oraz zbiór operatorów dostępnych w każdym stanie. Zastosowanie operatora w stanie powoduje na ogół przejście do innego stanu - generuje nowy stan.
- Stan początkowy → Stany pośrednie → Stan końcowy

Definicja: Proces stosowania dostępnych operatorów do przemieszczania się między różnymi stanami w przestrzeni stanów, który gwarantuje ostatecznie trafienie ze stanu początkowego do jednego ze stanów końcowych

Zadanie przeszukiwania...

- **Wynik przeszukiwania** - ciąg operatorów, których zastosowanie przeprowadza stan początkowy do stanu końcowego.
 - Nie tyle samo rozwiązanie zadania, co raczej sposób jego rozwiązania.
 - Niekiedy poszczególne stany końcowe reprezentują rozwiązania o niejednakowej jakości i wówczas zależy nam na znalezieniu najlepszego.
 - Czasem ważne jest, aby sposób dochodzenia do rozwiązania był jak najprostszy, rozważa się funkcję kosztu, która określa koszt zastosowania każdego operatora w każdym stanie, a poszukiwany jest taki ciąg operatorów prowadzący do stanu końcowego, który ma minimalny łączny koszt.

Zadanie wnioskowania

- Proces przetwarzania wiedzy, w wyniku którego na podstawie pewnego zbioru znanych stwierdzeń wyprowadza się nowe stwierdzenia.
- Wnioskowanie przez człowieka
 - **Formalne** - wszystkie stwierdzenia zapisane są w ustalonym precyzyjnym języku, wyprowadzanie nowych stwierdzeń rządzi się ustalonymi precyzyjnie regułami
 - **Nieformalne** - stwierdzenia formułowane są w języku naturalnym, a wyprowadzanie nowych stwierdzeń odbywa się ze znacznym udziałem intuicji

Zadanie wnioskowania...

- **Koncentrujemy się na wnioskowaniu formalnym**
- Wymagania:
 - język zapisu stwierdzeń o dokładnie zdefiniowanej składni i semantyce
 - reguły wnioskowania - mechanizm wnioskowania oparty na precyzyjnych i jednoznacznych regułach, które określają, jak na podstawie pewnego zbioru znanych stwierdzeń uzyskać nowe stwierdzenie.

Definicja. Wnioskowanie jest procesem stosowania reguł wnioskowania w sposób skutecznie i efektywnie prowadzący do określonego celu wnioskowania, którym zazwyczaj jest uzyskanie pewnego docelowego stwierdzenia.

Zadanie wnioskowania...

Definicje:

- **Formuła** - stwierdzenie zapisane formalnie w języku logiki
- **Baza wiedzy** - zbiór formuł znanych w procesie wnioskowania
- **Dowód** - ciąg wykorzystanych formuł i zastosowanych do nich reguł wnioskowania prowadzący do formuły docelowej
- **Krok dowodu** - zastosowanie pojedynczej reguły wnioskowania do formuły.

Zadanie uczenia się

- Najprościej zdobywanie wiedzy lub umiejętności oraz doskonalenie dotychczas posiadanej wiedzy czy umiejętności, na podstawie wspomagających informacji, takich jak doświadczenia czy przykłady.

Definicja (uczenie sztucznych systemów):
Uczenie jest procesem zmian zachodzących w systemie na podstawie doświadczeń, które prowadzą do poprawy jego jakości działania rozumianej jako sprawność rozwiązywania stojących przed systemem zadań.

- Zewnętrzną informację, na podstawie której następuje uczenie się, nazywać będziemy informacją trenującą.

Przykładowe zadania sztucznej inteligencji

1. Gra w szachy - najbardziej znany przykładem gry, która jest wystarczająco trudna, aby mistrzostwo w niej było uważane za niekwestionowany przejaw wybitnej inteligencji.
 - ok. 1948 – pierwsze programy szachowe
 - 1951 – A. Turing: Nikt nie jest w stanie ułożyć programu lepszego od własnego poziomu gry.
 - 1967 – pierwsze zwycięstwo komputera nad „profesjonalnym” szachistą podczas turnieju
 - 1977 – pierwsze zwycięstwo nad mistrzem klasy międzynarodowej
 - 1997 – Deep Blue wygrywa pełny mecz z Kasparowem 3,5:2,5 (specjalny superkomputer 418-procesorowy)

Przykładowe zadania sztucznej inteligencji...

- 2003 – Deep Junior remisuje z Kasparowem mecz na warunkach przez niego określonych (8 zwykłych procesorów Intel 1,6 GHz; wynik 3:3)
2. Warcaby
 - 1952 (A. Samuel) – programy do gry w warcaby z elementami uczenia się ewolucyjnego



Przykładowe zadania sztucznej inteligencji...

- 1989 – Chinook, program z biblioteką wszystkich końcówek 8-pionkowych (6 GB). W 1992 przegrał (2:4) z mistrzem świata; w 1996 zwyciężył w ogólnokrajowym konkursie w USA.
- Aktualny mistrz świata: program Nemezis
- Problem warcabów można uznać za „praktycznie” rozstrzygnięty, tzn. w większości przypadków można podać wynik gry po pierwszym ruchu.

Przykładowe zadania sztucznej inteligencji...

3. Układanie planu lekcji - zadanie polega na wygenerowaniu pewnej czteroargumentowej relacji określonej na zbiorze *nauczycieli, grup, sal i godzin* zajęciowych, do której należą wszystkie czwórki postaci (n, g, s, t) , oznaczające że nauczyciel n prowadzi zajęcia z grupą g w sali s i w terminie t .
- Trudność wynika z konieczności jednoczesnego spełnienia szeregu ograniczeń jak: brak konfliktów, określona liczba godzin zajęć nauczyciela z określoną grupą, itp., a także osiągnięcia rozwiązania możliwie wysokiej jakości ze względu na pewne kryteria (np. minimalna liczba „okienek” dla nauczycieli, małe zróżnicowanie dziennej liczby godzin zajęciowych każdej grupy w tygodniu itp.).

Przykładowe zadania sztucznej inteligencji...

4. Dowodzenie twierdzeń - zadaniu tym wymagamy generowania dowodów dla twierdzeń, sformułowanych w pewnym ustalonym sformalizowanym języku (języku logiki lub języku opartym na języku logiki), dotyczących pewnej ustalonej dziedziny.
- Przykładowo dowody twierdzeń z wybranego działu matematyki (np. geometria, teoria liczb).

Przykładowe zadania sztucznej inteligencji...

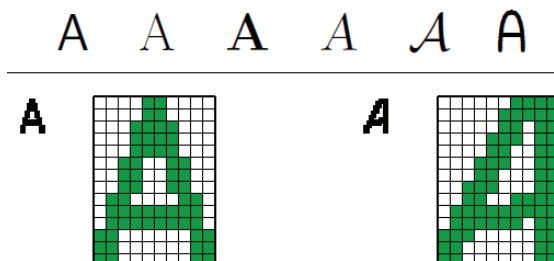
5. Sterowanie robotem - przykładowo robot wyposażony w pewną *aparaturę do obserwacji otoczenia* (np. czujniki podczerwieni, ultradźwięków, kamera) oraz *układ motoryczny* do poruszania się (np. kółka napędzane silnikami).
- Przykładowe zadania robota: znajdowanie drogi w środowisku, przemieszczanie się między pewnymi położeniami w możliwie krótkim czasie, z ominięciem wszelkich przeszkód (ściany, meble, ludzie czy inne roboty).
- Zadanie wymaga podejmowania w czasie rzeczywistym decyzji o kierunku jazdy, utrzymaniu lub zmianie prędkości na podstawie aktualnych obserwacji z czujników albo kamery.

Przykładowe zadania sztucznej inteligencji...

6. Diagnostyka medyczna – postawienie diagnozy na temat jednostki chorobowej lub zalecenie terapii na podstawie wyników badań diagnostycznych.
- Zadanie wyprowadzenia z wielu różnorodnych przypadków niezawodnych reguł decyzyjnych.
- Jeśli przyjmiemy, że dostępny jest zbiór danych wielu przypadków pacjentów, dla których zapisane zostały wyniki badań oraz zweryfikowana diagnoza bądź terapia wraz z oceną jej faktycznej skuteczności, to można postawić zadanie automatycznego wygenerowania na podstawie takich danych wiedzy (np. zapisanej w postaci reguł).

Przykładowe zadania sztucznej inteligencji...

7. Automatyczne rozpoznawanie – przykładowo rozpoznawanie pisma



Co już udało się zrobić w SI?

- Zastosowania logiki rozmytej w sterowaniu
- Systemy ekspertowe wspomagające podejmowanie decyzji w takich dziedzinach jak:
 - finanse
 - medycyna
- Techniki eksploracji danych
- Sztuczne widzenie, rozpoznawanie wzorców
- Tłumaczenie tekstów – nie całkiem

Czego zrobić w SI się nie udało?

- Program wygrywający z najlepszymi w niektóre gry, przykładowo w brydża sportowego
- Program, który w pełni przejdzie test Turinga
- Program, który skutecznie generuje zysk na giełdzie
- Program tłumaczący mowę potoczną
- itd...

Zadania SI jako przeszukiwanie

Podane wcześniej zadania sztucznej inteligencji można do pewnego stopnia traktować w ujednolicony sposób, jako pewne odmiany pierwszego najbardziej ogólnego zadania przeszukiwania.

- **Wnioskowanie** - przeszukiwanie przestrzeni możliwych sekwencji kroków wnioskowania w poszukiwaniu dowodu stwierdzenia docelowego
- **Uczenie się** - przeszukiwanie przestrzeni możliwych hipotez w poszukiwaniu tej, która najlepiej odpowiada celom systemu i uzyskanej przez niego informacji trenującej
- **Planowanie** - przeszukiwanie przestrzeni możliwych planów w poszukiwaniu takiego, który osiąga cel zadania.

Uczenie klasyfikacji jako forma przeszukiwania

- W przypadku uczenia klasyfikacji (najczęściej występujący problem uczenia) informacja trenująca ma tam postać zbioru przykładów, z których każdy opisany jest przez pewne właściwości, nazywane atrybutami, oraz opatrzony etykietą przyporządkowującą go do pewnej kategorii.
- Cel uczenia - jest znalezienie hipotezy, która umożliwiałaby „odgadywanie” poprawnej kategorii dla każdego przykładu na podstawie jego wartości atrybutów, także jeśli będzie to przykład spoza zbioru trenującego.

Uczenie klasyfikacji jako forma przeszukiwania

- Przestrzeń przeszukiwań - przestrzeń możliwych hipotez, w praktyce jest wyznaczana przez przyjętą metodę reprezentacji hipotez oraz przez zestaw atrybutów
- przeszukiwana przestrzeń – zbiór wszystkich możliwych wartości atrybutów
- Stan końcowy - zbiór reguł, który wystarczająco dokładnie klasyfikuje przykłady ze zbioru trenującego.

Rozumienie trudności zadania sztucznej inteligencji

- Zadania SI traktowane są jako szczególne warianty ogólnego zadania przeszukiwania, co umożliwia jednolitą charakterystykę trudności zadań.
- Trudność zadania utożsamiamy ze złożonością przeszukiwanej przestrzeni.
- Pojęcia złożoności przestrzeni na razie nie formalizujemy
- Na złożoność przestrzeni ma wpływ przykładowo jej rozmiar.

Dziedziny zastosowań, metody sztucznej inteligencji



Wykorzystywane języki programowania

1. Języki sztucznej inteligencji:
 - PROLOG
 - LISP
2. Języki stosowane w dziedzinach sztucznej inteligencji np. do tworzenia systemów ekspertowych
 - CLIPS
 - EMYCIN
3. Języki ogólnego stosowania
 - C++
 - JAVA
4. Specjalizowane języki wspomagające modelowanie
 - MATLAB