

SZTUCZNA INTELIGENCJA

ZASTOSOWANIA, HISTORIA, SYMBOLICZNA SI

Dr hab. inż. Grzegorz Dudek
Wydział Elektryczny
Politechnika Częstochowska

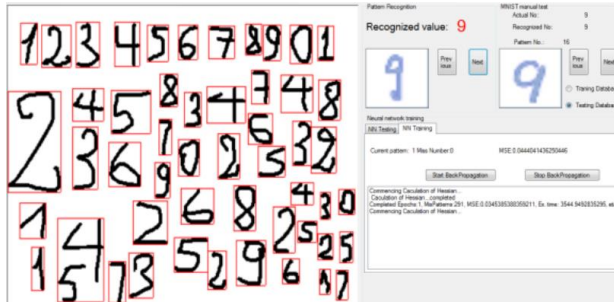
Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019 - 2022 nr projektu 020/RID/2018/19 kwota finansowania 12 000 000 PLN

- Rozwiązywanie zadań, gry, planowanie i dowodzenie twierdzeń – Szachy, warcaby, otello, itp. Planowanie akcji. Zadania ekonomiczne, transportowe, wojskowe.
- Przetwarzanie języka naturalnego – Tłumaczenia. Streszczenia. Interfejs z komputerem (chatboty). Programowanie w języku naturalnym. W różnych zadaniach przetwarzania języka naturalnego występuje takie samo zadanie ogólne: zamiana wypowiedzi słownej na opis w języku formalnym.

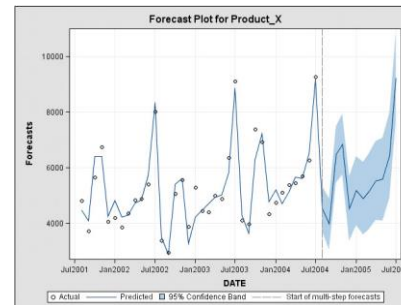
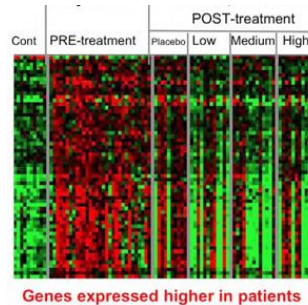
Język formalny – jest to podzbiór zbioru wszystkich słów nad skończonym alfabetem. Język formalny jest kluczowym pojęciem w informatyce, logice matematycznej i językoznawstwie. Aby zdefiniować język formalny, najpierw definiuje się alfabet, wybierając jakiś niepusty zbiór skończony. Elementy tego zbioru nazywane są symbolami. Ciągi symboli, o skończonej długości, nazywane są słowami. Dowolny zbiór takich ciągów nazywany jest językiem formalnym.

- Systemy ekspertowe – Systemy doradcze. Diagnostyka.

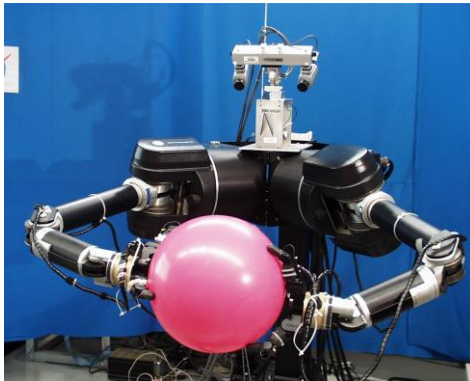
- Rozpoznawanie obrazów – rozpoznawanie obrazów graficznych, Rozpoznawanie pisma drukowanego (OCR) i ręcznego, rozpoznawanie dźwięków. Diagnostyka: medyczna i urzędzeń. Przykład: odczytywanie numerów rejestracyjnych samochodów z obrazów scen ulicznych. Analiza scen – zamiana obrazu graficznego na opis formalny.



- Wydobycie wiedzy z danych doświadczalnych.



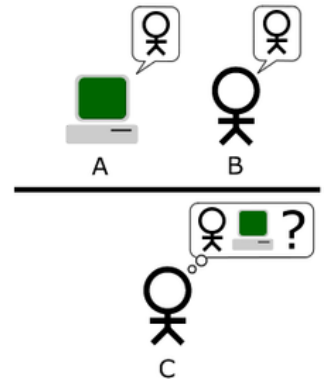
- Robotyka. Mogą tu być wykorzystywane wszystkie powyżej wymienione zastosowania. Przykład: automatyczne prowadzenie pojazdu terenowego, robot kroczący, rozpoznający obrazy i porozumiewający się w języku naturalnym.



- Test Turinga (1950) – sędzia (człowiek) prowadzi rozmowę w języku naturalnym z pozostałymi stronami, które są dla niego niewidoczne. Jeśli sędzia nie jest w stanie wiarygodnie określić, czy któraś ze stron jest maszyną czy człowiekiem, wtedy mówi się, że maszyna przeszła test.

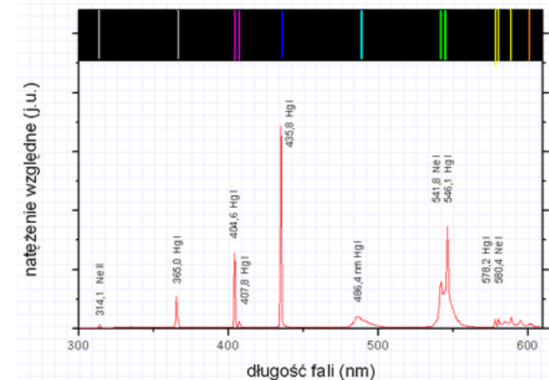
[Zobacz http://www.cleverbot.com/](http://www.cleverbot.com/) – dialog z maszyną.

- Zaprojektowanie systemu *Logic Theorist* (1955, A. Newell, i H. Simon, J. C. Shaw) – system ten dowiódł blisko 40 twierdzeń matematycznych.
- Za narodziny SI przyjmuje się rok 1956, kiedy to odbyła się słynna konferencja w Dartmouth (*Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*).
- System *General Problem Solver* (1957, H.A. Simon, B. Russell) – całkowanie symboliczne, wyznaczanie ścieżki w problemie mostów królewieckich, rozwiązywanie problemu wieży Hanoi. Nowe podejście do konstrukcji systemów inteligentnych zwane **symulacją kognitywną** (symulowanie w systemie ludzkich procesów umysłowo-poznawczych).



- Propozycja **podejścia opartego na logice** zamiast modeli symulacji ludzkiego myślenia (1958, J. McCarthy). McCarthy rozwinął język **Lisp**. W ramach tego podejścia na początku lat siedemdziesiątych pojawił się nurt badań związanych z zastosowaniem **logiki pierwszego rzędu** w SI. Jego rezultatem było stworzenie **Prologu** (1973). Nurt ten zaowocował następnie powstaniem modelu **programowania logicznego z ograniczeniami**.
- **Podejście oparte na wiedzy** (połowa lat sześćdziesiątych) związane z projektem systemu DENDRAL (E. Feigenbaum, J. Lederberg), który ustalał strukturę molekularną związków organicznych na podstawie analizy widm spektroskopowych.

To podejście jest konkurencyjne do symulacji kognitywnej i podejścia opartego na logice. System rozwiązuje konkretny problem po dostarczeniu wszelkiej możliwej wiedzy ekspertów nt. problemu. Wiedza powinna być sformalizowana w postaci danych, a system powinien być wyposażony w uniwersalny mechanizm wnioskujący oraz moduł weryfikacji poprawności działania. To podejście wykorzystuje się w **modelu reprezentacji wiedzy w postaci reguł wnioskowania** oraz w **regułowych systemach ekspertowych**.



- Sformułowanie hipotezy silnego podejścia w SI (1976, A. Newell, H. A. Simon) – **fizycznego systemu symbolicznego**. System ten składa się z elementów zwanych symbolami, z których konstruuje on struktury symboliczne (wyrażenia) oraz zbioru procesów operujących na tych wyrażeniach. Wynikiem działania systemu są nowe wyrażenia.
- Rozwój modeli lingwistycznych dot. języka naturalnego i umiejętności posługiwania się nim przez system inteligentny:
 - **teoria gramatyk generatywnych** (1957, N. Chomsky) i **lingwistyka matematyczna**,
 - **teoria zależności pojęciowej** (R. Schank); stanowi paradygmat dla strukturalnych modeli reprezentacji wiedzy: sieci semantycznych, ram i skryptów,
 - **lingwistyka kognitywna** (J. Lakoff).

- Powstanie **modeli konekcyjnych**, w których zjawiska umysłowe modeluje się jako emergentne procesy zachodzące w sieciach złożonych z prostych elementów składowych. Do modeli tych zalicza się **sztuczne sieci neuronowe**. Model neuronu zaproponowali W.S. McCulloch i W. Pitts w 1943 r.
 - Zaproponowanie sieci asocjacyjnej (1972, T. Kohonen),
 - Powstanie *Cognitronu* – wielowarstwowej sieci neuronowej (1975, K. Fukushima),
 - Zaproponowanie sieci rekurencyjnej (1982, J. Hopfield),
 - Zaproponowanie sieci samoorganizującej się (1982, T. Kohonen),
 - Zaproponowanie metody wstecznej propagacji błędów do uczenia sieci wielowarstwowych (1986, D. Rumelhart, G. Hinton),
 - Zaproponowanie sieci neuronowych opartych na adaptacyjnej teorii rezonansu (1987, S. Grossberg, G. Carpenter).
- Powstanie **modeli inspirowanych biologią** – algorytmy ewolucyjne (połowa lat sześćdziesiątych), algorytmy rojowe, algorytmy immunologiczne, systemy mrówkowe i in.
- **Systemy wieloagentowe** złożone z komunikujących się i współpracujących ze sobą agentów, które realizują wspólne cele.

Przez cały okres rozwoju SI fundamentalną rolę odgrywają w niej modele skonstruowane na gruncie rozmaitych teorii matematycznych: rozpoznawania obrazów i analizy skupisk, modeli opartych na wnioskowaniu bayesowskim, teorii zbiorów rozmytych i przybliżonych.

- **Rozpoznawanie obrazów** jest najstarszym obszarem sztucznej inteligencji (pierwsza metoda została opracowana przez R.A. Fishera w 1936 r.). Modele rozpoznawania obrazów służą do klasyfikacji i grupowania danych oraz zadań regresji.
- Wprowadzenie **modelu wnioskowania opartego na sieciach bayesowskich** (1988, J. Pearl) pozwalającego wnioskować w warunkach niepewności.
- Wprowadzenie **teorii zbiorów rozmytych** (1965, L. Zadeh) i **teorii zbiorów przybliżonych** (początek lat osiemdziesiątych, Z. Pawlak) pozwalających uwzględnić informację niejednoznaczną i nieprecyzyjną.

Ogólnie metody sztucznej inteligencji zalicza się do jednego z dwóch jej nurtów: **symbolicznej SI** (mocna SI) oraz **inteligencji obliczeniowej** (słaba SI).

Symboliczna SI opiera się na założeniach:

- możliwe jest skonstruowanie modelu reprezentującego system inteligentny *explicite*,
- wiedza w tych modelach powinna być reprezentowana w sposób symboliczny (np. w postaci grafów lub reguł; modele wiedzy w symbolicznej SI są konstruowane na podstawie modeli logiki, matematyki dyskretnej, teorii języków formalnych itd.),
- (inteligentne) działania umysłowo-poznawcze można opisać przy użyciu formalnych operacji nad wyrażeniami i strukturami symbolicznymi należącymi do modelu wiedzy.

Metody symbolicznej SI można podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa obejmuje ogólne modele reprezentacji wiedzy i inteligentnych działań (np. podejście symulacji kognitywnej, podejście oparte na logice). Druga grupa obejmuje modele oparte na reprezentacji wiedzy, ale w ramach specyficznego aspektu czy też obszaru jej funkcjonowania (np. podejście oparte na reprezentacji wiedzy w postaci reguł wnioskowania, strukturalne modele reprezentacji wiedzy, podejście wykorzystujące gramatyki generatywne do reprezentacji wiedzy).

SYMBOLICZNA SI – SYMULACJA KOGNITYWNA

Podstawową ideą symulacji kognitywnej jest konstrukcja algorytmów heurystycznych (**algorytm heurystyczny** może dostarczać akceptowalne rozwiązanie problemu, ale nie można przeprowadzić formalnego dowodu poprawności tego algorytmu) w celu symulacji ludzkich procesów umysłowo poznawczych (np. wnioskowania, rozwiązywania problemów, rozpoznawania obiektów, uczenia się) przez **próbę odtworzenia sekwencji elementarnych kroków wykonywanych przez człowieka** w trakcie tych czynności. Model symulacji kognitywnej składa się z czterech podstawowych elementów:

- koncepcji przestrzeni stanów,
- rozwiązywania problemu przez heurystyczne przeszukiwanie (zwykle nie znamy algorytmu rozwiązania problemu),
- analizy celów i środków (jeśli dysponujemy funkcją oceny/kosztu wygenerowanych stanów, to możemy ją wykorzystać do generacji nowych stanów),
- metody redukcji problemu (zastąpieniu złożonego problemu przez sekwencję podproblemów).

SYMBOLICZNA SI – PODEJŚCIE OPARTE NA LOGICE

W podejściu tym przyjmuje się, że inteligentne systemy informatyczne powinny nie tyle być konstruowane jako symulatory heurystycznych reguł ludzkich procesów myślowych, ale raczej przy użyciu **sformalizowanych modeli wnioskowania logicznego**. Program komputerowy w tym podejściu nie realizuje algorytmu będącego sekwencją rozkazów/instrukcji określających jak wykonać obliczenia, aby uzyskać rozwiązanie problemu (**paradygmat imperatywny**). Program powinien ograniczyć się jedynie do określenia, jakie pożądane własności powinno mieć rozwiązanie problemu (czyli **co jest** rozwiązaniem problemu, a nie **jak** rozwiązać problem). Natomiast, samo rozwiązanie problemu powinno być przeprowadzone przez uniwersalne oprogramowanie podstawowe, które wykorzystuje programowanie logiczne lub programowanie funkcyjne (**paradygmat deklaratywny**).

W **programowaniu logicznym** specyfikacja pożądanych własności rozwiązania problemu ma charakter zbioru twierdzeń/reguł wyrażonych w języku logiki. Użytkownik formułuje pytanie/hipotezę, a system SI sprawdza drogą wnioskowania logicznego przy użyciu twierdzeń/reguł zapisanych w programie, czy jest to prawda. Przykładem takiego podejścia jest Prolog.

Programowanie funkcyjne oparte jest na rachunku lambda, który jest systemem logiki matematycznej służącym do definicji funkcji za pomocą pewnego języka wyrażeń oraz do jej obliczania. W tym podejściu specyfikacja pożądanych własności rozwiązania jest określona w postaci złożonej funkcji reprezentowanej w postaci wyrażeń rachunku lambda.

SYMBOLICZNA SI – REGUŁOWA REPREZENTACJA WIEDZY

Pierwszy system tego typu oparty był na tzw. *produkcjach*. Podstawowymi komponentami tego modelu są: *pamięć reguł* oraz *pamięć robocza*. Pamięć reguł odpowiada pamięci długotrwałej, a pamięć robocza – krótkotrwałej. W pamięci długotrwałej wiedza zapisana jest w postaci produkcji/reguł, które mają postać:

JEŚLI zachodzi pewien warunek, TO wykonaj pewną akcję.

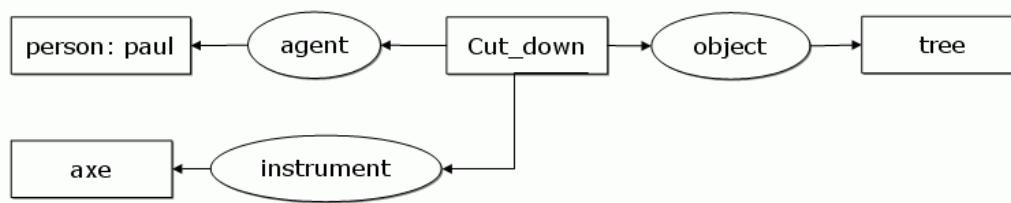
Akcja ma charakter konkluzji albo jest czynnością oddziałującą na środowisko. Pamięć robocza zawiera informację dynamiczną, zmieniającą się w czasie. Jest to informacja odnośnie środowiska, która jest sprawdzana przez część warunkową reguł. Gdy warunek któregoś z reguł jest spełniony, to reguła ta jest stosowana, a jej akcja wykonana (konkluzja tej reguły zapisywana jest w pamięci roboczej lub system wykonuje pewną czynność, np. włącza jakieś urządzenie lub zmienia kierunek ruchu robota).

System oparty na produkcjach znany jest przede wszystkim w swojej szczególnej wersji – modelu ekspertowego systemu regułowego.

SYMBOLICZNA SI – STRUKTURALNA REPREZENTACJA WIEDZY

Teoria zależności pojęciowej do reprezentacji informacji semantycznej.

Grafy zależności pojęciowej – pozwalają na automatyczną analizę semantyczną (znaczeniową). Wierzchołki reprezentują elementarne pojęcia, a krawędzie relacje.

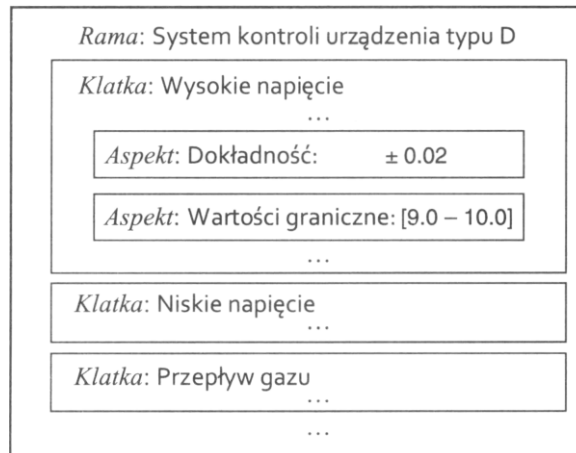


Sieci semantyczne



SYMBOLICZNA SI – STRUKTURALNA REPREZENTACJA WIEDZY

Ramy – rama reprezentuje obiekt, składa się z klatek reprezentujących cechy/właściwości obiektu. Klatki składają się z faset (aspektów)



Skrypty – opisują wydarzenie za pomocą stereotypowej sekwencji zdarzeń elementarnych (wzorca). Gdy w przekazie brakuje pewnych informacji, jesteśmy w stanie "odtworzyć" te informacje na podstawie wzorca.

SYMBOLICZNA SI – PODEJŚCIE OPARTE NA LINGWISTYCE MATEMATYCZNEJ

Gramatyka generatywna – pozwala wyprowadzić dowolne zdanie w danym języku.

Zdania generuje się za pomocą reguł przepisujących zwanych **produkcjami** zbudowanych z **symboli terminalnych** (wyrażeń budujących zdania) oraz z **symboli nieterminalnych** reprezentujących ciągi symboli terminalnych.

Gramatyka wyprowadza ciągi symboli, rozpoczynając od symbolu startowego i powtarzając zamianę nieterminali na prawe strony produkcji dla nich. Wszystkie ciągi symboli terminalnych, które mogą zostać wyprowadzone z symbolu startowego, tworzą język definiowany przez gramatykę.

Przykład. Zdefiniujmy gramatykę do wyrażeń składających się z cyfr, znaków plus i minus, np. $3-1+8$, $2+3+4-5$. Tego typu wyrażenia można traktować jako listy cyfr pooddzielanych znakami plus lub minus.

Produkcje mają postać:

$lista \rightarrow lista + cyfra$

$lista \rightarrow lista - cyfra$

$lista \rightarrow cyfra$

$cyfra \rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9$

Symbolami terminalnymi są: $+ - 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9$

Symbole nieterminalne to *lista* i *cyfra*. " \mid " oznacza "lub".