

Wstęp do inteligencji komputerowej – zajęcia nr 1

Jarosław Stańczak

jarek@wit.edu.pl

WSISiZ

Wstęp. Plan zajęć. Zasady zaliczania przedmiotu.

Pojęcie sztucznej inteligencji jako dziedziny wiedzy.

Podstawowe zastosowania sztucznej inteligencji.

Systemy ekspertowe.

Zasady zaliczenia przedmiotu

- Przedmiot zalicza egzamin.
- Do egzaminu można przystąpić, jeśli uczestniczyło się w co najmniej 2 zajęciach (nie dotyczy możliwości zaliczenia projektem i terminu „0”).
- Na ostatnich zajęciach (14.01.2023) można zorganizować termin zerowy egzaminu, jeśli będą chętni.
- Dla chętnych – możliwość zaliczenia przedmiotu wykonanym projektem – temat do uzgodnienia, można zaproponować własny, termin oddania – 15 I 2023.
- Ocena pozytywna od 50 pkt. na 100 możliwych do zdobycia, co 10 zdobytych punktów powyżej 50 ocena podnosi się o 0,5.

Literatura

- slajdy z wykładu udostępnione w UBI.
- Jan J. Mulawka, „Systemy ekspertowe”, WNT, 1996.
- Leszek Rutkowski, „Metody i techniki sztucznej inteligencji”, WN PWN, 2012.
- Vinod Chandra S. S., Anand Hareendran S., „Artificial Intelligence and Machine Learning”, PHI Learning, 2014.
- Paweł Cichosz, „Systemy uczące się”, WNT, 2000.
- Janusz Kacprzyk, „Wieloetapowe sterowanie rozmyte”, WNT, 2001.
- J. Korbicz, A. Obuchowicz, D. Uciński, „Sztuczne sieci neuronowe i zastosowania”, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, 1994.
- Jarosław Arabas, „Wykłady z algorytmów ewolucyjnych”, WNT, 2001.
- L. Bolc, J. Zaremba, „Wprowadzenie do uczenia się maszyn”, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, 1992.

Ogólny plan zajęć

1. Wstęp. Plan zajęć. Zasady zaliczenia przedmiotu. Pojęcie **sztucznej inteligencji** jako dziedziny wiedzy. Podstawowe zastosowania sztucznej inteligencji. **Systemy ekspertowe**.
2. **Logika rozmyta** - podstawy i zastosowania w sztucznej inteligencji. Wnioskowanie rozmyte. Sterowanie rozmyte. **Uczenie maszynowe** - uczenie z nadzorem i bez nadzoru. **Uczenie się ze wzmocnieniem**.
3. Zagadnienia związane ze **złożonością obliczeniową problemów**, pojęcie deterministycznej i niedeterministycznej maszyny Turinga, **zadania P i NP**. Konieczność stosowania **heurystyk** do rozwiązywania problemów NP: proste metody zachłanne, **symulowane wyżarzanie**, **algorytmy ewolucyjne**, **metoda tabu-search**, **algorytmy mrówkowe**.
4. **Sieci neuronowe**: neuron a **sztuczny neuron**, modele sieci neuronowych, **sieci warstwowe**, **algorytm propagacji wstecznej** – **uczenie sieci neuronowych**, **sieci ze sprzężeniem zwrotnym**, **sieci samoorganizujące się**, **pamięć w sieci neuronowej**, zastosowania sieci neuronowych. Podsumowanie.

Pojęcie inteligencji

Inteligencja – w najprostszym ujęciu oznacza pewne zdolności umysłowe człowieka lub istoty żywej (zwierzęta z pewnością też w jakimś stopniu ją posiadają), które umożliwiają jej rozumienie otoczenia i występujących w nim sytuacji oraz podejmowania właściwych decyzji w odpowiedzi na nie, z wykorzystaniem takich cech umysłu jak: pamięć, wyobraźnia i myślenie pojęciowe oraz zdolność uczenia się i wykorzystywania posiadanej wiedzy i umiejętności w różnych sytuacjach. Uczeni wyróżniają różne rodzaje inteligencji charakteryzującej umysł człowieka: językowa, matematyczno-logiczna, wizualno-przestrzenna, muzyczna, społeczna, ruchowa, a nawet przyrodnicza. Inteligencję człowieka można mierzyć, do czego wykorzystuje się specjalne testy.

Sztuczna inteligencja

Sztuczna inteligencja (SI, AI) - termin wymyślił w 1956 r. John McCarthy - jako dziedzina nauki dąży do stworzenia maszyny o inteligencji człowieka lub lepszej, jednak wobec braku (jak dotąd) możliwości zestawienia wszystkich cech umysłu w jednym modelu, koncentruje się na wykorzystaniu, rozwinięciu i ewentualnie fuzji tych, które zostały stworzone, próbując oczywiście odkryć nowe fakty, teorie i modele.

Współcześni naukowcy utrzymują, że taki całościowy model ludzkiego umysłu powstanie do ok. 2040 - 2050 roku.

Cóż, miejmy nadzieję, że to zobaczymy...

A na razie pojawia się też strach przed tym możliwym w przyszłości „superumysłem” i jego wpływem na ludzkość.

- Może zechce się jej pozbyć, lub zabierze pracę?....

Sztuczna inteligencja

historia (krótki przegląd)

- 1917 – czeski pisarz Karel Čapek wymyślił pojęcie „robot”.
- 1928 – John von Neumann wymyślił algorytm MINIMAX – podstawę do tworzenia wielu algorytmów gier (szachy, warcaby, go).
- 1943 McCulloch and Pitt zaproponowali architekturę sztucznej sieci neuronowej (SNN).
- 1950 – Test Turinga, Shannon zaproponował ideę napisania programu grającego w szachy.
- 1955 – powstał język komputerowy IPL-11 do budowania programów SI.
- 1956 – powstało pojęcie (termin) sztucznej inteligencji.
- 1958 - język LISP zaprojektowany do badania i rozwoju SI (używany do tej pory).
- 1962 – powstał program grający w warcaby (pokonujący ówczesnych mistrzów w tej grze).
- 1965 – program ELISA, rozmawiający po angielsku na dowolny temat.

Sztuczna inteligencja

historia (krótki przegląd)

- 1967 – pierwszy program grający z sukcesami w szachy, oparty na zgromadzonej wiedzy o posunięciach i ich skutkach, system ekspertowy DENDRAL (chemia).
- 1968 – słynna praca M. Minsky’ego i S. Papperta, pokazująca mankamenty używanych wtedy (od początku lat 60) sztucznych sieci neuronowych (perceptronów) – ogromna zapaść w dziedzinie SNN.
- 1970/71 – programy i roboty rozumiejące instrukcje w języku angielskim.
- 1972 – język PROLOG stworzony do programowania logicznego i używany również obecnie to tworzenia systemów SI.
- 1974 – system ekspertowy MYCIN (medycyna)
- 1979 – EMYCIN znacznie ulepszona wersja poprzedniego
- 1987 – algorytm nauki sieci neuronowych „backpropagation” stał się punktem zwrotnym w rozwoju tej dziedziny SI.

Sztuczna inteligencja

historia (krótki przegląd)

- 1989 – powstał ALVINN autonomiczny neuronowy system sterowania pojazdem/robotem.
- lata 90 XX w. dynamiczny rozwój wszystkich dziedzin SI.
- 1997 – komputer Deep Blue z dedykowanym programem komputerowym wygrał z mistrzem świata Garrym Kasparowem.
- 1999 – powstają pierwsze zdalne systemy obdarzone sztuczną inteligencją.
- 2005 – powstał robot ASIMO, potrafiący chodzić szybciej niż człowiek.
- 2016 – program komputerowy AlphaGo wygrywa z mistrzem gry w go.
- obecnie z SI mamy do czynienia w niemal każdym urządzeniu technicznym, w usługach, Internecie, ...

Sztuczna inteligencja

Ponieważ jak dotąd nie udało się stworzyć rzeczywistej i autonomicznej sztucznej inteligencji, to w związku z tym przyjmuje się dwa kierunki jej rozwoju, oparte na poglądach na nią, wyrażanych przez jej twórców.

E. Feigenbaum definiuje sztuczną inteligencję jako naukę, dział informatyki, zajmujący się metodami, technikami i algorytmami wnioskowania symbolicznego, reprezentacji wiedzy i przetwarzania tej wiedzy, wykorzystywanej we wnioskowaniu symbolicznym.

Według **M. Minsky'ego** sztuczna inteligencja jest nauką o maszynach realizujących zadania, które wymagają inteligencji, gdy wykonuje je człowiek.

Sztuczna inteligencja

„twarda”

Najbardziej ogólne znaczenie pojęcia sztuczna inteligencja, to chęć wytworzenia urządzenia (komputera, robota), charakteryzującego się podobnymi do ludzkich (a w przyszłości lepszymi) możliwościami inteligentnego myślenia, zachowania się, przetwarzania informacji, rozwiązywania problemów, optymalizacji, rozumienia, uczenia się i komunikowania się. Jest to tzw. ***twarda sztuczna inteligencja*** (wariant Minsky’ego).

Jak już to zostało wspomniane, na razie cel ten nie został zrealizowany, choć niektórzy naukowcy twierdzą, że jest już bardzo blisko.

Na tych zajęciach nie będziemy zajmować się tym podejściem do sztucznej inteligencji, choćby dlatego, że na razie jeszcze nie do końca istnieje. Istnieje za to coś, dzięki czemu może się udać osiągnąć ten cel.

Sztuczna inteligencja

„miękka”

W tym sposobie rozumienia pojęcia sztucznej inteligencji, traktujemy je jako dziedzinę wiedzy (dział informatyki) obejmujący m. in.: logikę rozmytą (i oparte na niej wnioskowanie), obliczenia ewolucyjne, sieci neuronowe, sztuczne życie, robotykę, uczenie maszynowe i inne działy, a także ich połączenia, będące efektem poznania i zamodelowania różnych aspektów działania ludzkiego umysłu na różnych poziomach działania, od neurologiczno-biologicznego, przez psychologiczny aż po elementy filozofii.

Jest to tzw. ***miękka sztuczna inteligencja***, zwana też czasem ***inteligencją obliczeniową*** (wariant bliższy definicji Feigenbauma).

Tym wariantem sztucznej inteligencji będziemy zajmować się na zajęciach z WIK.

Sztuczna inteligencja

„miękka”

Ta wersja sztucznej inteligencji to najczęściej bardzo rozbudowane algorytmy, realizujące wymienione wyżej metody lub hybrydy kilku metod, wykorzystywane w praktyce do sterowania, optymalizacji, podejmowania decyzji, rozpoznawania tekstów, obrazów, mowy, itp. To podejście do sztucznej inteligencji ma bardzo dużo zastosowań praktycznych w najróżniejszych dziedzinach życia.

Istnieje hipoteza, że dzięki osiągnięciu odpowiedniego rozwoju metod miękkiej sztucznej inteligencji i ich umiejętnemu połączeniu, otrzymamy pewną całość, która da nam właśnie sztuczny umysł, czyli to, co chce osiągnąć innymi metodami „twarda” sztuczna inteligencja.

Przeświadczenie to jest wzorowane na działaniu ludzkiego mózgu, w którym nie ma centralnego ośrodka rozumienia (a przynajmniej dotąd go nie znaleziono), a jest za to współpraca między ośrodkami realizującymi różne funkcje.

Sztuczna inteligencja - test Turinga

U samego zarania ery sztucznej inteligencji w r. 1950 Alan Turing zaproponował test mający wykazać, czy mamy do czynienia z maszyną („twardą” sztuczną inteligencją), czy człowiekiem. Miałyby to być rozmowa w języku naturalnym, na podstawie której odpowiedni sędziowie mieliby zdecydować, czy rozmawiają z człowiekiem, czy maszyną.

Tego typu eksperymenty wykonywano wielokrotnie z programami ELIZA (1966), PARRY (1972),..., CleverBot (2011), Eugene Goostman (2014). W przypadku tego ostatniego niektórzy naukowcy uważają, że przeszedł on test Turinga.

Sztuczna inteligencja - test Turinga

Wielu naukowców wyraża jednak duże wątpliwości co do samego testu:

- czy rzeczywiście dowiedzie on inteligencji maszyny, a nie jedynie bardzo sprawnego przetwarzania symboli, których w rzeczywistości nie rozumie;
- maszyna może być inteligentna, ale nie potrafić rozmawiać „po ludzku” - ludzki system komunikacji jest niezbyt logiczny, wieloznaczny, zawiera wiele idiomów, wyrażen (np. słynne „dobra, dobra” jako zaprzeczenie);
- z pewnością nie wszyscy ludzie zdadzą test Turinga;
- zbyt wielkie umiejętności maszyny (np. rozwiązywania skomplikowanych problemów lub dokonywania skomplikowanych obliczeń) też mogą ją zdradzić.

Sztuczna inteligencja - CAPTCHA

CAPTCHA (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart) – różnego rodzaju techniki stosowane na stronach www, mające zabezpieczać je przed wykorzystywaniem przez automaty i przez to zalewaniem spamem, masowym zakładaniem fałszywych kont, blokowaniem automatycznymi zapytaniem, próbami łamania szyfrów itp. Najczęściej mają postać bardzo zniekształconych napisów, obrazków, znaków drogowych, które użytkownik musi poprawnie zinterpretować. Jest to „daleki krewniak” testu Turinga, bazujący jednak na tym, że nie powstała dotąd prawdziwa sztuczna inteligencja i różnego rodzaju proste zadania potrafi rozwiązać na razie tylko człowiek.

Sztuczna inteligencja – CAPTCHA przykłady



Dziedziny informatyki zaliczane do sztucznej inteligencji

- Heurystyki obliczeniowe (w tym optymalizacja i podejmowanie decyzji)
- Strategie przeszukiwań
- Teoria gier (strategie w grach)
- Automatyczne dowodzenie twierdzeń
- Przetwarzanie mowy (analiza, synteza, automatyczne tłumaczenie)
- Systemy ekspertowe
- Robotyka
- Rozpoznawanie i przetwarzanie obrazów
- Uczenie maszynowe
- Analiza danych
- Automatyczne programowanie
- Sztuczne sieci neuronowe
- Systemy rozmyte

Zastosowania sztucznej inteligencji

Sterowniki oparte na logice rozmytej – powszechnie stosowane do np. sterowania przebiegiem procesów technologicznych w fabrykach w warunkach „braku wszystkich danych”. Spektakularne zastosowania to np. automatyczne pociągi metra w Japonii, AF w aparatach fotograficznych.

Systemy ekspertowe – systemy wykorzystujące bazy wiedzy i mechanizmy wnioskowania do rozwiązywania problemów, mają wiele zastosowań w medycynie, diagnostyce uszkodzeń itp.

Maszynowe tłumaczenie tekstów – systemy tłumaczące nie dorównują człowiekowi, robią postępy, nadają się (???) szczególnie do tłumaczenia tekstów technicznych, np.: Google Translator.

Uczenie się maszyn – dział sztucznej inteligencji zajmujący się algorytmami potrafiącymi uczyć się podejmować decyzje bądź nabywać wiedzę najczęściej na podstawie pewnych akcji i ich oceny od środowiska.

Zastosowania sztucznej inteligencji

Sieci neuronowe – metody oparte na modelach neuronów i ich sieci w ludzkim mózgu, potrafią się uczyć na przykładach z nauczycielem lub bez, używane w wielu sytuacjach: programowanie „inteligentnych przeciwników” w grach komputerowych, modelowanie skomplikowanych obiektów, przewidywania zdarzeń, kursów giełdowych, pogody, pamięć asocjacyjna (skojarzeniowa), itp.

Eksploracja danych – obszary wiedzy powiązane z potrzebami informacyjnymi, pozyskiwaniem wiedzy, stosowane są różne techniki analizy tekstów, wykorzystywane np. w wyszukiwarkach internetowych.

Rozpoznawanie obrazów – stosowane są programy rozpoznające osoby na podstawie zdjęcia twarzy lub rozpoznające automatycznie zadane obiekty na zdjęciach satelitarnych oparte np. na sieciach neuronowych.

Rozpoznawanie mowy i mówców oraz synteza mowy – stosowane powszechnie na skalę komercyjną programy oparte również np. na sieciach neuronowych.

Zastosowania sztucznej inteligencji

Rozpoznawanie pisma (OCR) – stosowane masowo np. do automatycznego sortowania listów oraz w elektronicznych notatnikach.

Sztuczna twórczość – istnieją programy automatycznie generujące krótkie formy poetyckie, komponujące, aranżujące i interpretujące utwory muzyczne, które są w stanie skutecznie zmylić nawet profesjonalnych artystów tak, że ci nie uznają utworów za sztucznie wygenerowane. Istnieją również automatyczne generatory prac naukowych!

Systemy automatycznie oceniające zdolność kredytową, profil najlepszych klientów lub planujące kampanie reklamowe - systemy te poddawane są wcześniej automatycznemu uczeniu na podstawie posiadanych danych z odpowiedniej dziedziny.

Heurystyki obliczeniowe – stosowane najczęściej w optymalizacji i obliczeniach dla zadań o bardzo dużej złożoności obliczeniowej (np. algorytmy ewolucyjne, metody rojowe, scatter search, tabu search itp.)

Zastosowania sztucznej inteligencji

Inteligentne systemy agentowe – ogólne określenie programowych agentów, którzy potrafią działać w pewnym środowisku, uczyć się, budować na podstawie interakcji ze środowiskiem i innymi agentami strategię działania; są wykorzystywane do sterowania, automatycznego prowadzenia i uczestnictwa w aukcjach, szpiegowania, zapobiegają włamaniom do sieci, niszczą wirusy komputerowe, same bywają wirusami, itp.

Zastosowania sztucznej inteligencji

Autonomiczne pojazdy – systemy sterujące pojazdami (samochody, pociągi), statkami morskimi, powietrznymi (samoloty, drony), kosmicznymi są już obecnie w powszechnym użyciu; główna trudność polega tu na odpowiednim rozeznaniu sytuacji, w której znajduje się, czyli odpowiednie przetworzenie sygnałów dochodzących z zewnątrz, np. z kamer – rozpoznawanie obrazów i podjęcie na ich podstawie odpowiednich decyzji, same algorytmy sterowania są już od dawna dobrze opanowane.

Zastosowania sztucznej inteligencji

Autonomiczne roboty – sytuacja jest tu nieco podobna do autonomicznego sterowania pojazdami z tym, że roboty najczęściej oprócz poruszania się powinny potrafić wykonywać jeszcze bardziej skomplikowane czynności, a często także powinny się komunikować z człowiekiem w jakimś ludzkim języku, stąd stworzenie takich robotów jest jeszcze bardziej skomplikowane niż sterowanie autonomicznymi pojazdami. Jednakże istnieją już tego typu rozwiązania, choć oczywiście nie są one tak wszechstronne jak człowiek.

Zastosowania sztucznej inteligencji

SI w zastosowaniach militarnych – nie da się ukryć, że zastosowania militarne są najczęściej motorem powstawania różnego rodzaju nowatorskich rozwiązań, a ich cywilne wersje powstają znacznie później. Niestety nie możemy tu liczyć na wiele, jeśli chodzi o poznanie najnowszych technologii, ale na pewno są tu inteligentne rakiety, pociski, drony i roboty bojowe. Rozpoznawanie obrazów (nie muszą to być typowe obrazy w świetle widzialnym) to najważniejsze zagadnienie w konstrukcji tego rodzaju urządzeń. Najprawdopodobniej jednak te urządzenia nie podejmują jeszcze samodzielnie decyzji o podjęciu ataku na jakieś cele i konsultują to z człowiekiem, ale zapewne nie zawsze jest/będzie to priorytetem.

Sztuczna inteligencja a człowiek

Co do wyższości SI nad człowiekiem, na razie przejawia się ona jedynie w wybranych dziedzinach, np. grach (wybrane osiągnięcia SI):

- komputer Deep Blue który wygrał w 11 maja 1997 r. z Garri Kasparowem. Jego zwycięstwo nie było przytłaczające (3,5:2,5) - były też wątpliwości związane z samym użyciem komputera - program był modyfikowany w trakcie trwania pojedynku, ale z pewnością można powiedzieć, że na inteligencję komputera złożyła się inteligencja i praca wielu ludzi, mimo tego to zwycięstwo uważane jest za kamień milowy w rozwoju SI.
- 9 marca 2016 komputer, a właściwie sztuczna sieć neuronowa AlphaGo „skojarzona” z algorytmem uczenia maszynowego pokonała arcymistrza gry w go Lee Se-dola, ma ono podobne znaczenia jak przykład z szachami.

Sztuczna inteligencja a człowiek

Przedstawione wcześniej przykłady pokazują, że sztuczna inteligencja na pewno będzie lub już jest lepsza od człowieka w wielu dziedzinach wymagających szybkiej, ale na razie w miarę prostej analizy dużej liczby danych. Znacznie trudniej przychodzi podejmować SI decyzje w sytuacjach wiedzy niepełnej, niedokładnej, niepewnej, choć i takie dziedziny sztucznej inteligencji, które radzą sobie z tego typu informacjami są rozwijane (logika rozmyta, pewne rodzaje sieci neuronowych).

W dalszym ciągu nie ma możliwości, aby sztuczna inteligencja tworzyła bez udziału człowieka kolejne generacje sztucznej inteligencji o coraz lepszych parametrach.

Systemy ekspertowe

System ekspertowy (SE) – w najprostszym ujęciu jest to system komputerowy, który emuluje proces podejmowania decyzji przez eksperta w danej dziedzinie. Jego wyższość nad ekspertem (który zazwyczaj bierze udział w jego tworzeniu) polega na tym, że może brać pod uwagę zdecydowanie więcej faktów i przesłanek, zgromadzonych w **bazie wiedzy** systemu oraz może to robić znacznie szybciej. System ekspertowy może służyć również do sterowania obiektami, nad którymi człowiek nie jest w stanie zapanować z uwagi na krótki czas reakcji. W związku z funkcjonalnością systemu możemy je podzielić na: doradcze (wspomagające decyzje człowieka), autonomiczne (samodzielnie podejmujące decyzje) i krytykujące (oceniające sytuację i reakcję ludzką na taką sytuację).

Budowa typowego systemu ekspertowego

System ekspertowy składa się najczęściej z następujących elementów:

- modułu wnioskującego
- bazy wiedzy
- modułu objaśniającego
- interfejsu z użytkownikiem/twórcą.

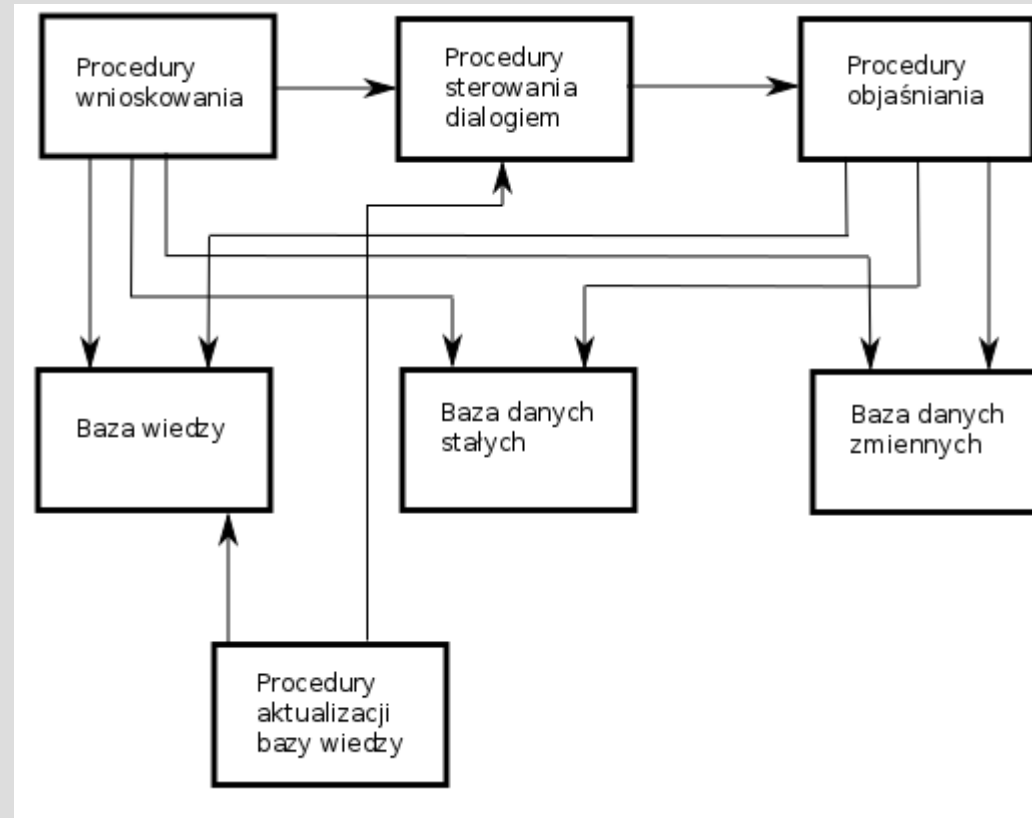
W wersji minimalnej system może nie posiadać modułu objaśniającego, choć to dzięki niemu można prześledzić, jak powstała decyzja systemu (wyjaśnienie).

Moduł wnioskujący może być uniwersalny i może być niezależny od konkretnego zastosowania systemu (choć nie musi), przetwarza on fakty i reguły z bazy wiedzy tak, aby otrzymać odpowiedź na zadane pytanie.

Dodatkowo w trakcie używania i rozwijania systemu na pewno potrzebny jest interfejs, prosty przy zwykłym użyciu, bardziej skomplikowany przy rozbudowie bazy faktów (np. sprawdzający, czy tworzona baza wiedzy jest spójna).

Tworzeniem bazy wiedzy systemu ekspertowego zajmują się zazwyczaj inżynierowie wiedzy we współpracy z ekspertami w danej dziedzinie.

Budowa systemu ekspertowego



Schemat rozbudowanego systemu ekspertowego
na podst. J. Mulawka, „Systemy ekspertowe”.

Budowa systemu ekspertowego

Moduły: „**Procedury sterowania dialogiem**”, „**Procedury objaśniania**” oraz „**Procedury aktualizacji bazy wiedzy**” odpowiadają rozbudowanemu interfejsowi użytkownika/twórcy i umożliwiają kontakt z systemem.

Moduł „**Baza danych zmiennych**” jest pamięcią roboczą przechowującą pewne fakty i parametry wprowadzone w trakcie dialogu z użytkownikiem; baza ta umożliwia odtworzenie sposobu wnioskowania systemu i przedstawienie go użytkownikowi za pomocą mechanizmu wyjaśniającego.

Moduł „**Baza danych stałych**” przechowuje dane o dziedzinie, której dedykowany jest system ekspertowy, wprowadzone przez inżyniera wiedzy; dane te raczej nie są modyfikowane (lub dość rzadko) w trakcie działania systemu.

Moduł „**Baza wiedzy**” zawiera reguły wnioskowania systemu zapisane w postaci reguł lub ram.

Moduł „**Procedury aktualizacji bazy wiedzy**” umożliwia pozyskiwanie nowej wiedzy, modyfikację zbioru reguł (edytor bazy wiedzy).

Moduł „**Procedury objaśniania**” - objaśnia strategię wnioskowania i uzyskane wyniki.

Istniejące systemy ekspertowe i ich zastosowania

- diagnozowanie chorób (np. system Mycin, Emycin, Casnet, Caduceus) i wywołujących je drobnoustrojów;
- identyfikacja struktur molekularnych (np. Dendral) – ustalanie struktury nieznanymi związków chemicznych na podstawie analizy widm spektroskopowych, generowanie możliwych struktur połączeń cząsteczek;
- systemy doradcze przy usuwaniu usterek w różnego rodzaju sprzęcie (np. Delta/Cats, Mistral);
- analiza danych geologicznych, poszukiwanie złóż (np. Prospector);
- sterowanie robotami, pojazdami;
- prognozowanie pogody;
- analiza notowań giełdowych;
- system porad prawnych.

Istniejące systemy ekspertowe i ich zastosowania

Wymienione wcześniej systemy są przykładami systemów dedykowanych.

Istnieją też systemy szkieletowe, które można zastosować w dowolnych zagadnieniach po wypełnieniu baz reguł i baz faktów, są to np. komercyjne systemy Exsys i Sphinx.

Istnieją także SE open source: PyKnow, Benchflow, Mandrax, Drools.

Do tworzenia SE powstały też specjalne języki programowania, takie jak LISP i CLIPS.

Wiedza w SE

Wiedza w systemach SI może być przechowywana symbolicznie lub niesymboliczne (parametrycznie, np. sieci neuronowe). W typowych SE stosowane jest to pierwsze podejście. Na przechowywaną wiedzę składają się:

- fakty: opisy, reguły, algorytmy, dane;
- relacje: zależności i skojarzenia między faktami;
- procedury: opisują raczej procesy niż dane statyczne, np. prawa fizyki opisujące jakieś zjawisko.

Czasem dwa pierwsze punkty określa się łącznie jako reprezentację deklaratywną wiedzy, a trzeci nazywa reprezentacją proceduralną.

Na następnych slajdach zostaną pokazane sposoby zapisu wiedzy, niektóre dość skomplikowane. Generalnie problem zapisu wiedzy nie do końca jest jeszcze zbadany, gdyż nie wynaleziono uniwersalnej i jednoznacznej metody jej zapisu.

Reprezentacja wiedzy w SE

Wiedzę w SE zapisuje się w postaci:

- rachunku zdań i rachunku predykatów (logika);
- metod wykorzystujących zapis stwierdzeń;
- metod wykorzystujących reguły i tzw. wektory wiedzy;
- sieci semantycznych;
- metod opartych na tzw. ramach;
- metod używających modeli obliczeniowych;
- ...

Rachunek zdań

Wywodzi się wprost z **logiki matematycznej**.

Formuły składają się ze zdań mogących przyjmować wartość 0 lub 1, oznaczanych symbolami np. P , Q , ... i funktorów logicznych, najczęściej używane to: \neg , \wedge , \vee , \Leftrightarrow , \Rightarrow .

Rachunek zdań

przykłady

Znane tożsamości logiczne (prawa logiczne, tautologie) w rachunku zdań (wybór):

$\neg(P \wedge Q) \Leftrightarrow \neg P \vee \neg Q$ – pierwsze prawo De Morgana

$\neg(P \vee Q) \Leftrightarrow \neg P \wedge \neg Q$ – drugie prawo De Morgana

$\neg(P \Rightarrow Q) \Leftrightarrow P \wedge \neg Q$ – prawo zaprzeczenia implikacji

$P \Rightarrow P$ – prawo tożsamości

$P \Leftrightarrow \neg\neg P$ – prawo podwójnego zaprzeczenia

$(P \vee Q) \Leftrightarrow (Q \vee P)$ – prawo przemienności alternatywy

$(P \wedge Q) \Leftrightarrow (Q \wedge P)$ – prawo przemienności koniunkcji

$((P \wedge Q) \wedge R) \Leftrightarrow (P \wedge (Q \wedge R))$ – prawo łączności koniunkcji

$((P \vee Q) \vee R) \Leftrightarrow (P \vee (Q \vee R))$ – prawo łączności alternatywy

$(P \wedge (Q \vee R)) \Leftrightarrow ((P \wedge Q) \vee (P \wedge R))$ – prawo rozdzielności koniunkcji

$(P \vee (Q \wedge R)) \Leftrightarrow ((P \vee Q) \wedge (P \vee R))$ – prawo rozdzielności alternatywy

$((P \Rightarrow Q) \wedge (Q \Rightarrow R)) \Rightarrow (P \Rightarrow R)$ – prawo przechodniości implikacji

Rachunek predykatów

Jest rozszerzeniem rachunku zdań o kwantyfikatory „dla każdego” \forall i „istnieje takie że” \exists oraz funkcje zdaniowe (**predykaty**) np. $W(x)$, mogące przyjmować wartości logiczne 0 i 1, x – argument predykatu nazywany jest **termem**.

Przykład (na podst. J. Mulawka, „Systemy ekspertowe”):

$$\forall_x \{ P(x) \Rightarrow \{ \forall_y [P(y) \Rightarrow P(f(x,y))] \wedge \neg \forall_y \{ Q(x,y) \Rightarrow P(y) \} \} \}$$

W praktyce często stosuje się formuły w postaci klauzul, które można otrzymać przez przekształcenie zdania powyżej do postaci:

$$\neg P(x_1) \vee \neg P(y_1) \vee P(f(x_1, y_1))$$

$$\neg P(x_2) \vee Q(x_2, g(x_2))$$

$$\neg P(x_3) \vee \neg P(g(x_3))$$

Reguły

Reguły uzupełniają najczęściej stwierdzenia (o których za chwilę) tak, aby opis danego obiektu lub zjawiska był pełny.

Reguły mogą być zapisane w różny sposób, lecz wszystkie metody zapisu zawierają przesłanki i konkluzje (lub działania, akcje):

JEŚLI przesłanka TO konkluzja

IF przesłanka THEN akcja

IF P jest u AND Q jest v THEN R jest w

lub skrótowo

$$(P, u) \wedge (Q, v) \Rightarrow (R, w)$$

Wektory wiedzy

Są sformalizowanym zapisem reguł, w którym tworzona jest pewnego rodzaju macierz wszystkich możliwych przesłanek i konkluzji dla wszystkich reguł (macierz wiedzy). Macierz ta ma rozmiar $(P+K) * R$.

P – wszystkie możliwe (różne) przesłanki, K – wszystkie możliwe konkluzje, R – liczba reguł.

Macierz wypełniana jest trzema symbolami oznaczającymi:

- nie dotyczy: *
- warunek/konkluzja prawdziwy: 1
- warunek/konkluzja fałszywy: 0.

Wektory wiedzy

Przykład - reguły sterujące rozwiązaniem równania kwadratowego:

R1: JEŚLI $a = 0$ TO brak równania kwadratowego

R2: JEŚLI $a \neq 0 \wedge \Delta < 0$ TO równanie ma 0 rozwiązań rzeczywistych

R3: JEŚLI $a \neq 0 \wedge \Delta = 0$ TO równanie ma 1 rozwiązanie rzeczywiste

R4: JEŚLI $a \neq 0 \wedge \Delta > 0$ TO równanie ma 2 rozwiązania rzeczywiste

Można zapisać następująco jako wektory w macierzy wiedzy:

	$a=0$	$\Delta < 0$	$\Delta = 0$	$\Delta > 0$	brak r.k.	0 rozw.	1 rozw.	2 rozw.
R1	1	*	*	*	1	*	*	*
R2	0	1	*	*	*	1	*	*
R3	0	*	1	*	*	*	1	*
R4	0	*	*	1	*	*	*	1

Sieci semantyczne

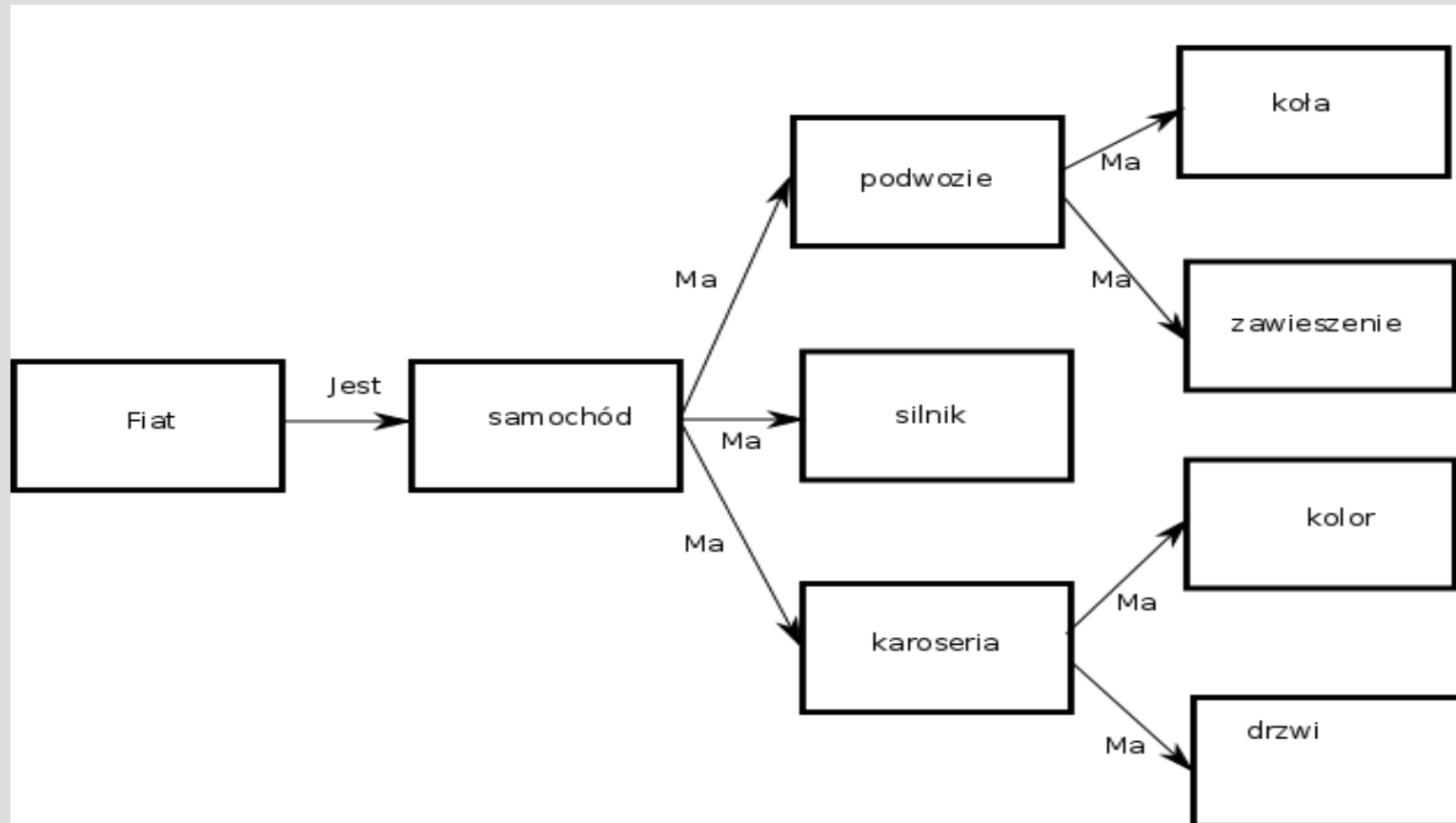
Są pewnym rodzajem zapisu **asocjacji**, skojarzeń pomiędzy obiektami, który zbliżony jest do modelu działania ludzkiej pamięci. W tej metodzie zapisu pewne terminy wyjaśniane są przez inne terminy, przy czym powstaje skierowany graf powiązań, relacji między węzłami-obiektami, często z pętlami, w którym to grafie można znaleźć potrzebne wyjaśnienia. Tworzy się specyficzna logika opisująca pewną dziedzinę wiedzy.

Łukom w tym grafie można przypisać znaczenie relacji, można też przypisać pewne wagi, określające stopień pewności danego powiązania.

Węzły w grafie powiązań mogą reprezentować obiekty fizyczne, obiekty wirtualne (czynności, wydarzenia), mogą posiadać też tzw. deskryptory, czyli dodatkowy opis węzła, pokazujący pewne cechy charakterystyczne obiektu.

Sieci semantyczne

Przykład sieci semantycznej z relacjami „Jest” i „Ma”:



Stwierdzenia

Opisują pewne obiekty, zjawiska, efekty, czynności w postaci uporządkowanej trójki lub czwórki parametrów:

$$(<\text{OBIEKT}>, <\text{ATRYBUT}>, <\text{WARTOŚĆ}>)$$

lub

$$(<\text{OBIEKT}>, <\text{ATRYBUT}>, <\text{WARTOŚĆ}>, <\text{CF}>)$$

gdzie pewne wątpliwości budzić może tylko CF – stopień pewności (certainty factor), zawarty najczęściej w przedziale $[-1,1]$, $[0,1]$ lub $[0,10]$.

Ramy

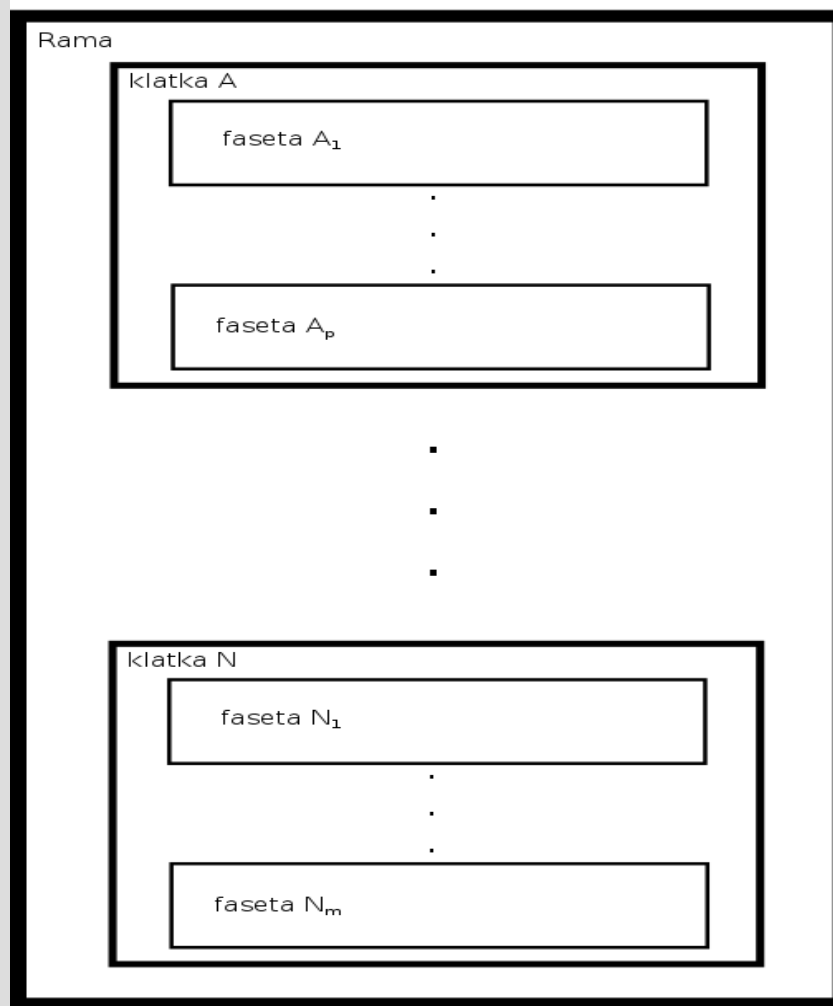
Są z kolei pewnym rozszerzeniem stwierdzeń, umożliwiającym usystematyzowane opisywanie obiektów za pomocą faktów, reguł i procedur umieszczonych w odpowiednich strukturach danych.

Ramy są najwyższą w hierarchii obiektów strukturą i zawierają **klatki**, które z kolei mogą grupować **fasety**.

Rama jest opisem pewnego obiektu lub klasy obiektów, klatki opisują jego cechy, które z kolei mogą potrzebować cech jeszcze niższego rzędu, czyli faset. Klatki mogą mieć odwołania do innych ram. Ramy, klatki i fasety mają swoje unikalne nazwy, tak aby można było je jednoznacznie rozróżnić. Istnieje bardzo wiele predefiniowanych typów klatek i faset. Ramy mogą dziedziczyć właściwości po innych ramach, stąd możliwa jest też hierarchia ram.

Odpowiednio przygotowane ramy umożliwiają wnioskowanie na podstawie tylko ram, bez dodatkowych reguł (reguły mogą być zapisane w postaci ram).

Ramy - schemat



Modele obliczeniowe

Modele obliczeniowe to swoisty sposób zapisu danych służących do konkretnych obliczeń. Jest to również pewnego rodzaju rozszerzenie stwierdzeń, w którym buduje się pewne modele z odpowiednimi formułami oraz zmiennymi wejściowymi i wyjściowymi. Istotnym jest tu pojęcie relacji, które wiąże zmienne. Celem modelu jest policzenie wszystkich niewiadomych na podstawie formuł i danych. Działanie systemu polega na przeszukiwaniu całej „bazy danych” w kierunku znalezienia nowych możliwych do policzenia zmiennych. Dodatkowo następuje porównywanie obliczonych wyników na podstawie różnych możliwych formuł, co umożliwia weryfikację wyników.

Modele obliczeniowe stanowią raczej pewne dodatkowe moduły, które przeprowadzają obliczenia dla właściwego oprogramowania, np. systemu ekspertowego.

Wnioskowanie

Ze względu na metodę wnioskowania SE dzieli się na trzy kategorie:

- systemy działające w oparciu o logikę dwuwartościową (Boole'a)
- systemy wykorzystujące logiki wielowartościowe
- systemy z logiką rozmytą.

Wnioskowanie

Wnioskowanie w logice dwuwartościowej (a taką zajmujemy się na bieżących zajęciach) oparte jest na regule **modus ponendo ponens** (zwanej także regułą odrywania):

$$\frac{(A \Rightarrow B), A}{B}$$

lub w innym zapisie: $((A \Rightarrow B) \wedge A) \Rightarrow B$

co oznacza, że jeśli z przesłanki A wynika B i A jest prawdziwe, to B też jest prawdziwe.

Wnioskowanie

Wnioskowanie w logice dwuwartościowej można oprzeć także na regule **modus tollendo tollens**:

$$\frac{(A \Rightarrow B), \neg B}{\neg A}$$

lub w innym zapisie: $((A \Rightarrow B) \wedge \neg B) \Rightarrow \neg A$

co oznacza, że jeśli z przesłanki A wynika B i B jest nieprawdziwe, to A też jest nieprawdziwe.

Wnioskowanie

Podstawowe typy wnioskowania to:

- wnioskowanie w przód
- wnioskowanie wstecz
- wnioskowanie mieszane

Wnioskowanie w przód

Wnioskowanie w przód polega na generowaniu nowych faktów na podstawie istniejących w bazie dopóty, dopóki nie pojawi się fakt będący poszukiwaną hipotezą lub nie da się uaktywnić żadnych nowych reguł.

Niestety często nowe fakty pojawiają się lawinowo, co może doprowadzić do zablokowania wnioskowania zbyt wielką liczbą faktów i reguł do „odpalenia”. Dlatego stosuje się techniki sterowania wnioskowaniem w przód.

Wnioskowanie w przód

strategie sterowania wnioskowaniem

- strategia świeżości – uaktywnianie reguł dodanych w procesie wnioskowania najpóźniej
- strategia blokowania – blokowanie już użytych reguł
- strategia specyficzności – skłonność do użycia reguł o większej liczbie przesłanek (bardziej szczegółowych/specyficznych)
- strategia przypadkowości – losowy wybór reguł do „odpalenia”.

Wnioskowanie wprzód przykład

Są cztery reguły i dwa fakty:

- R1: Jeśli A i C to B
- R2: Jeśli A i E to C
- R3: Jeśli D i C to B
- R4: Jeśli C i B to D

dane są A i E, udowodnić D.

Rozwiązanie:

1. Z R2 otrzymujemy C
2. Z R1 otrzymujemy B
3. Z R4 otrzymujemy D – koniec!

Wnioskowanie wstecz

W metodzie tej, jak można się domyślić, działanie zachodzi w odwrotnym kierunku:

- najpierw poszukuje się, czy dowodzona hipoteza jest w bazie faktów, jeśli tak, to wnioskowanie jest skończone
- jeśli nie jest w bazie, to czy jest konkluzją jakiejś reguły
- jeśli nie jest konkluzją, to nie można jej dowieść i wnioskowanie skończone
- jeśli jest konkluzją pewnej reguły, to sprawdzane są jej przesłanki
- jeśli są w bazie, to stosując wnioskowanie w przód, dowiedziemy hipotezy,
- jeśli nie, szukamy ich w konkluzjach innych reguł i tak powtarzamy działanie aż skończą się reguły lub udowodnimy hipotezę.

Wnioskowanie wstecz przykład

Przykładowe zadanie jest takie samo jak poprzednio:

- R1: Jeśli A i C to B
- R2: Jeśli A i E to C
- R3: Jeśli D i C to B
- R4: Jeśli C i B to D

dane są A i E, udowodnić D.

Rozwiązanie:

1. D nie jest w bazie faktów, jest konkluzją R4
2. C i B nie są w bazie faktów, są konkluzjami R1, R2, R3
3. R2 można „odpalić” (R1 i R3 nie można) - C dodaje się do bazy faktów
4. Teraz R1 można „odpalić” - B dodaje się do bazy faktów
5. W takim razie można „odpalić” R4, bo są przesłanki C i B, więc D jest udowodnione!

Wnioskowanie mieszane

W metodzie tej część bazy reguł przetwarza się metodą wnioskowania wprzód, a część metodą wnioskowania wstecz. Najczęściej stosuje się tu też pewne heurystyki zarządzające wnioskowaniem, np. dopóki jest to możliwe (są reguły do „odpalenia”), stosuje się wnioskowanie wstecz (nowe fakty generowane bardziej oszczędnie), a gdy ich brakuje, system przełącza się na wnioskowanie w przód. Daje to oszczędności w wykorzystanej pamięci i szybkości działania wnioskowania.

Wnioskowanie mieszane

przykład

Przykładowe zadanie jest takie samo jak poprzednio, przyjmijmy że podzielimy reguły następująco:
wnioskowanie wprzód:

- R1: Jeśli A i C to B
- R2: Jeśli A i E to C

wnioskowanie wstecz:

- R3: Jeśli D i C to B
- R4: Jeśli C i B to D

dane są A i E, udowodnić D.

Rozwiązanie:

1. D nie jest w bazie faktów, jest konkluzją R4 (wstecz)
2. C i B nie są w bazie faktów, B jest konkluzją R3, ale nie można jej „odpalić” metodą wnioskowania wstecz
3. R2 można „odpalić” metodą wnioskowania wprzód (przełączenie metody) - C dodaje się do bazy faktów
4. W dalszym ciągu nie można nic „odpalić” metodą wnioskowania wstecz
5. Za to R1 można „odpalić” metodą wnioskowania wprzód (przełączenie) - B dodaje się do bazy faktów
6. W takim razie można „odpalić” (metodą wstecz) R4 i D jest udowodnione!

Wnioskowanie

– przykład do samodzielnego przećwiczenia opisanymi metodami

Mamy pięć reguł i dwa fakty:

- R1: Jeśli A i C to B
- R2: Jeśli A i $\neg E$ to C
- R3: Jeśli D i C to B
- R4: Jeśli D i B to F
- R5: Jeśli C i B to D .

Dane są A i $\neg E$.

Udowodnić F metodami wnioskowania wprzód, wstecz i mieszanego.

Dziękuję za uwagę