

Systemy ekspertowe

dr inż. Marcin Blachnik

marcin.blachnik@polsl.pl

<http://mblachnik.pl>

Literatura

- A. Niederliński Regułowo - modelowe systemy ekspertowe rmse, Wyd. SKALMIERSKI
- P. Cichosz, Systemy uczące się, WNT, W-wa , 2000
- B. Stefanowicz Systemy eksperckie Przewodnik Wydanie III rozszerzone, Wyd. WSISiZ
- S. Osowski, Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym, WNT, 1996
- L. Rutkowski, Metody i techniki sztucznej inteligencji, PWN, 2006
- A. Piegat Modelowanie i sterowanie rozmyte, Wyd. EXIT
- T. Wieczorek, Neuronowe modelowanie procesów technologicznych, Wyd. Politechniki Śl. 2008

O czy będzie mowa

- Klasyczne systemy ekspertowe
 - Wstęp do metod inteligencji obliczeniowej
 - Logika matematyczna
 - Budowa systemów regułowych
- Systemy automatycznego wyodrębniania reguł
 - Bezpośrednie wyodrębnianie reguł CN2/
 - Algorytmy drzew decyzji C&RT/C4.5
- Systemy reguł rozmytych
 - Logika rozmyta
 - Rozmyte systemy regułowe
 - Systemy Mamdaniego
 - Systemy Takagi-Sugeno
- Automatyczne wyodrębnianie reguł rozmytych
 - Algorytm ANFIS

Inteligencja obliczeniowa



Inteligencja

Władysław Kopaliński, „Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych”

„inteligencja *psych.* zdolność rozumienia, kojarzenia; pojętność, bystrość; zdolność znajdowania właściwych, celowych reakcji na nowe zadania i warunki życia, sprawnego zdobywania i wykorzystywania wiedzy.”

Inteligencja obliczeniowa – Co to takiego?

Computational Intelligence (CI) / Artificial intelligence (AI)

Ile książek tyle definicji co to AI 😞

- ❑ [John McCarthy](#) w 1956 zdefiniował AI jako „nauka i inżynieria robienia inteligentnych maszyn”
- ❑ Inteligentna maszyna to system który analizuje swoje środowisko i podejmuje działanie które maksymalizuje prawdopodobieństwo odniesienia sukcesu w tym środowisku
- ❑ Lub po prostu:
Rozwiązywanie problemów nie algorytmizowalnych lub trudno algorytmizowalnych

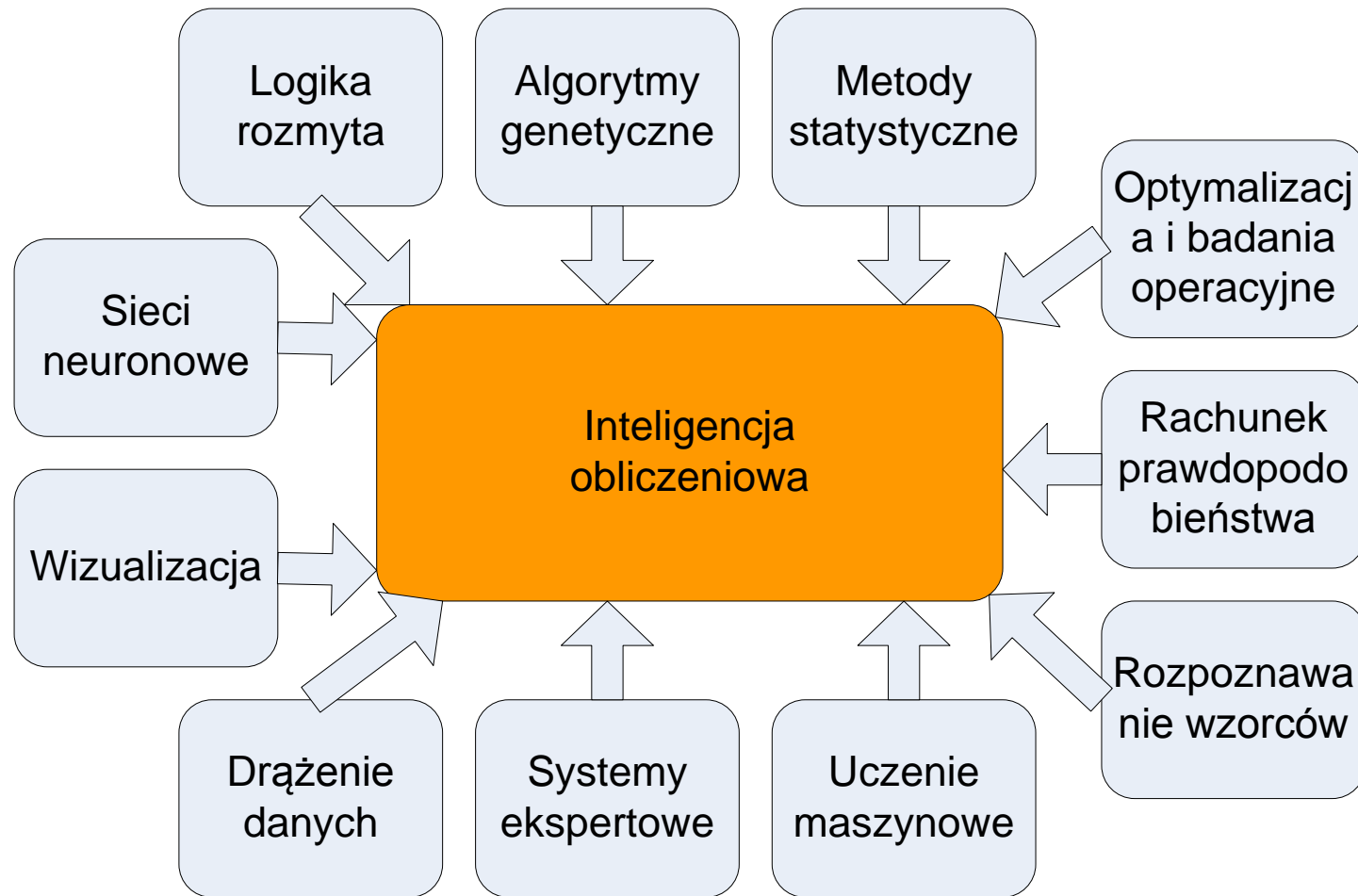
Inteligencja obliczeniowa – Co to takiego? – cd.

Sztuczna inteligencja – część informatyki w jej skład wchodzi:

- Struktury danych używane do reprezentacji wiedzy
- Algorytmy wykorzystujące zebraną wiedzę (w postaci powyższych struktury)
- Język i techniki programowania wykorzystywane do implementacji powyższych

Obecnie coraz częściej mówi się o inteligencji obliczeniowej zamiast o sztucznej inteligencji, lub też traktuje sztuczną inteligencję jako podzbiór inteligencji obliczeniowej.

Inteligencja obliczeniowa a sztuczna inteligencja



Ciekawostki

AI a etyka:

- Jeżeli zbudujemy inteligentną maszynę, czy będzie ona miała zdolność do odczuwania?
- Jeśli tak, to czy mając zdolność odczuwania będzie ona miała takie same prawa jak ludzie?

Problemy

Typowe problemy inteligencji obliczeniowej

- ❑ Znajdowanie rozwiązań dla różnych gier (szachy, warcaby, wychodzenie z labiryntów itp.)
- ❑ Automatyczne wnioskowanie i dowodzenie twierdzeń
- ❑ Systemy ekspertowe - budowanie dużych baz wiedzy
- ❑ Przetwarzanie i rozumienie języka naturalnego – translacja pomiędzy językami (np. Google tłumacz), rozumienie zdań, rozpoznawanie mowy (np. Ms. Vista, Opera), chatterboty itp
- ❑ Modelowanie ludzkich potrzeb – chatterboty jako wirtualny pomocnik, systemy autoasocjacyjne, diagnozowanie medyczne
- ❑ Planowanie i robotyka – automatyczne planowanie produkcji, sterowanie robotem itp.
- ❑ Konstruowanie języka i środowiska do przetwarzania wiedzy (prolog, lisp)
- ❑ Rozpoznawanie i analiza obrazów itp.

Podjęcia do rozwiązywania problemów sztucznej inteligencji

- Neurologia – budowa mózgu
- Psychologia poznawcza i kognitywistyka – jak uczą się ludzie i jak reprezentują wiedzę – systemy rozmyte, systemy bazujące na prototypach
- Biologia – algorytmy genetyczne, algorytmy ewolucyjne, algorytmy mrówkowe
- Inżynieria – alg. Symulowanego wyżarzania
- Statystyka – teorie probabilistyczne, posybilistyczne itp.

Systemy ekspertowe



Ekspert

1. Specjalista powoływany do wydania orzeczenia lub opinii w sprawach spornych
2. Osoba uznawana za autorytet w jakiejś dziedzinie
3. Ekspert jest człowiekiem, który popełnił wszystkie możliwe błędy, jakie mogą być popełnione, w bardzo wąskiej specjalizacji. (*)

(*) Niels Henrik David Bohr, fizyk duński, noblista

Ekspert - problemy

- Szybkość przetwarzania (człowiek jest w stanie przetwarzać 7 procesów jednocześnie, przy większej liczbie następuje serializacja)
- Koszty
- Możliwości eksploatacji
- Ulotność wiedzy (zwolnienie/choroba/śmierć)
- Niezależność (brak możliwości wpływu na decyzję eksperta, problem z naturą ludzką)

Co to są systemy ekspertowe

Rozwiązanie

- ▣ Automatyczne systemy wspomaganie decyzji = systemy ekspertowe

Systemy ekspertowe

- to program lub zestaw programów komputerowych wspomagający korzystanie z wiedzy i ułatwiający podejmowanie decyzji. Systemy ekspertowe mogą wspomagać bądź zastępować ludzkich ekspertów w danej dziedzinie, mogą dostarczać rad, zaleceń i diagnoz dotyczących problemów tej dziedziny.

(*) źródło - wikipedia

Przykłady wykorzystania ekspertów / systemów ekspertowych

Przykłady:

- ❑ Banki – problem podejmowania decyzji kredytowej
- ❑ Przemysł - sterowanie urządzeń (piece)
- ❑ Usługi – serwisy sprzętu technicznego - metodologia usuwania awarii
- ❑ Medycyna – automatyczna klasyfikacja chorób
- ❑ Energetyka – sterowanie urządzeń, planowanie zużycia energii
- ❑ Automatyczne gry – gra w szachy

Porównanie ekspert – system ekspertowy

Ekspertyza naturalna – człowieka	Ekspertyza systemu
Wady tracąca na wartości z upływem czasu trudna do przeniesienia trudna do dokumentacji nie dająca się przewidzieć kosztowna	Zalety stała łatwa do przeniesienia łatwa do dokumentacji zgodna z bazą wiedzy dostępna
Zalety twórcza adaptacyjna wykorzystane zmysłów szeroki zakres wiedza zdrowego rozsądku	Wady nie inspirująca wymaga wprowadzenia wiedzy wejścia symboliczne wąski zakres wiedza przetwarzana w sposób mechaniczny

Kategorie systemów ekspertowych

Systemy doradcze

doradzają przy podejmowaniu decyzji. Człowiek ma możliwość weryfikacji podjętej decyzji, odrzucenia jej i zażądania alternatywnej.

Systemy w których człowiek jest ostatecznym ogniwem podejmowania decyzji.

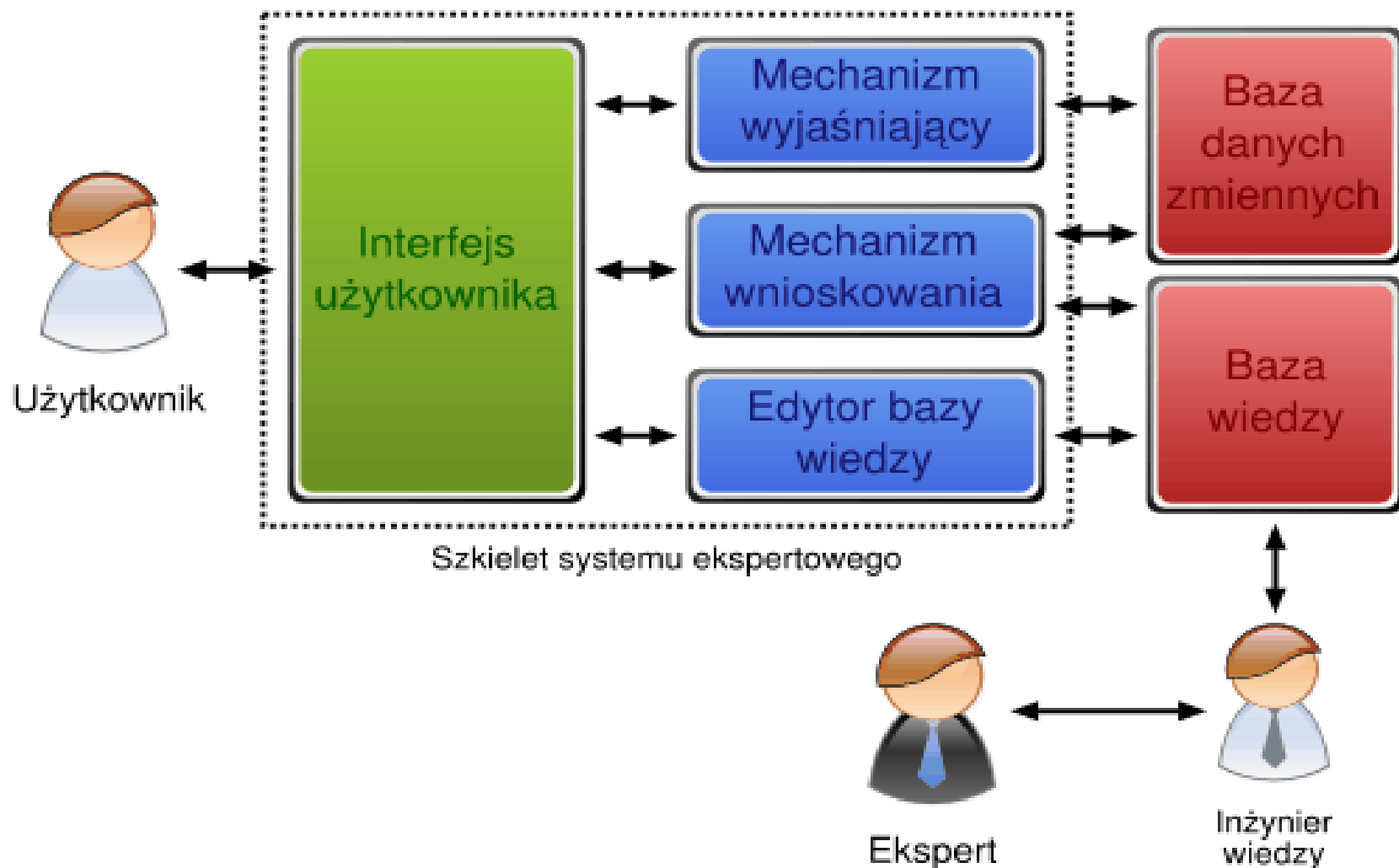
Systemy podejmujące decyzje bez kontroli człowieka

systemy autonomiczne w których maszyna/program podejmuje ostateczną decyzję bez udziału człowieka

Systemy krytykujące

znając problem jak i jego rozwiązanie (wynik) system pokazuje jak rozwiązanie osiągnięto (metodologię rozwiązania)

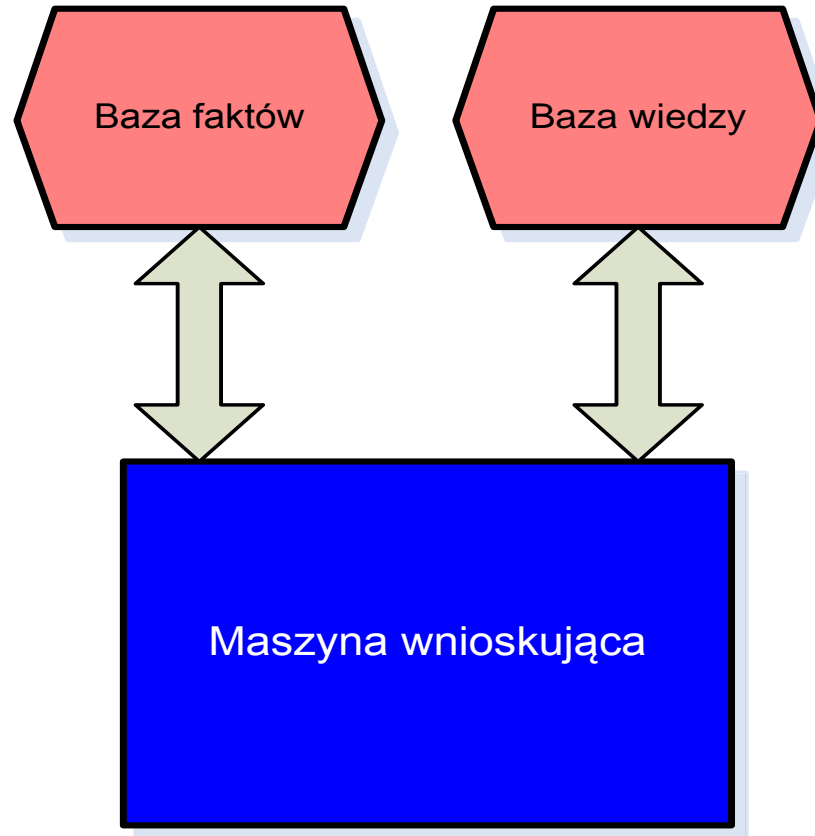
Budowa systemów ekspertowych



Składowe systemu ekspertowego

- Baza wiedzy (np. zbiór reguł),
- Baza danych/baza faktów (np. dane o obiekcie, wyniki pomiarów, hipotezy),
- Maszyna wnioskująca – system podejmujący decyzje
- Mechanizm wyjaśniający - objaśniają strategię wnioskowania,
- Interfejs użytkownika - procedury wejścia/wyjścia umożliwiają formułowanie zadań przez użytkownika i przekazywanie rozwiązania przez program,
- Edytor bazy wiedzy - procedury umożliwiające rozszerzanie oraz modyfikację wiedzy-pozyskiwanie wiedzy.

Budowa systemów ekspertowych



Najważniejsze elementy SE

□ Baza wiedzy

Jest integralną, podstawową i niezbędną częścią systemu ekspertowego, zawierają całkowitą wiedzę systemu zapisaną najczęściej w postaci reguł. Zebrana wiedza jest podstawą przeprowadzenia procesu wnioskowania.

Najważniejsze elementy SE

□ Baza faktów

Jest integralną częścią systemu ekspertowego, zawiera zbiór informacji (zbiór danych) stanowiących wartości przesłanek reguł, na podstawie których mechanizm wnioskujący przeprowadza proces wnioskowania

Najważniejsze elementy SE

□ Mechanizm wnioskujący

Narzędzie potrafiące zinterpretować zapisane reguły i dokonać procesu wnioskowania - czyli wykorzystania wiedzy zapisanej w bazie wiedzy i dostępnych faktów pochodzących z bazy faktów

Podział systemów ekspertowych ze względu na budowę programu

- Systemy dedykowane – tworzone wspólnie przez inżyniera wiedzy, eksperta i informatyka do rozwiązywania konkretnych problemów
- Systemy szkieletowe (shells) – ogólne systemy dostępne na rynku w postaci programów z pustą bazą wiedzy. Wiedza wprowadzana jest do nich bezpośrednio przez ekspertów.

Podział systemów ekspertowych ze względu na źródło wiedzy

- Na bazie wiedzy eksperta – wiedza wydobywana jest na podstawie obserwacji bądź wywiadów, ankiet z ekspertem
- Na bazie dostępnych danych historycznych – mając dostęp do zgromadzonych danych czyli wyników działania eksperta w warunkach produkcyjnych, możliwe jest automatyczne pozyskanie wiedzy.

Podział systemów ekspertowych

Ze względu na sposób reprezentacji wiedzy

- Logika boolowska $\{0,1\}$
- Logika wielowartościowa (np.. Łukasiewicza)
- Logika rozmyta

Ze względu na rodzaj przetwarzanej informacji

- systemy z wiedzą pewną, czyli zdeterminowaną,
- systemy z wiedzą niepewną, w przetwarzaniu której wykorzystuje się przede wszystkim aparat probabilistyczny.

Projektowanie systemu ekspertowego

- Określenie dziedziny problemu
- Zdobywanie wiedzy
- Wybór platformy dla systemu ekspertowego (system shellowy, system dedykowany itp)
- Implementacja systemu
 - Wybór mechanizmów wnioskowania
 - Implementacja bazy wiedzy i faktów
 - Implementacja interfejsów użytkownika

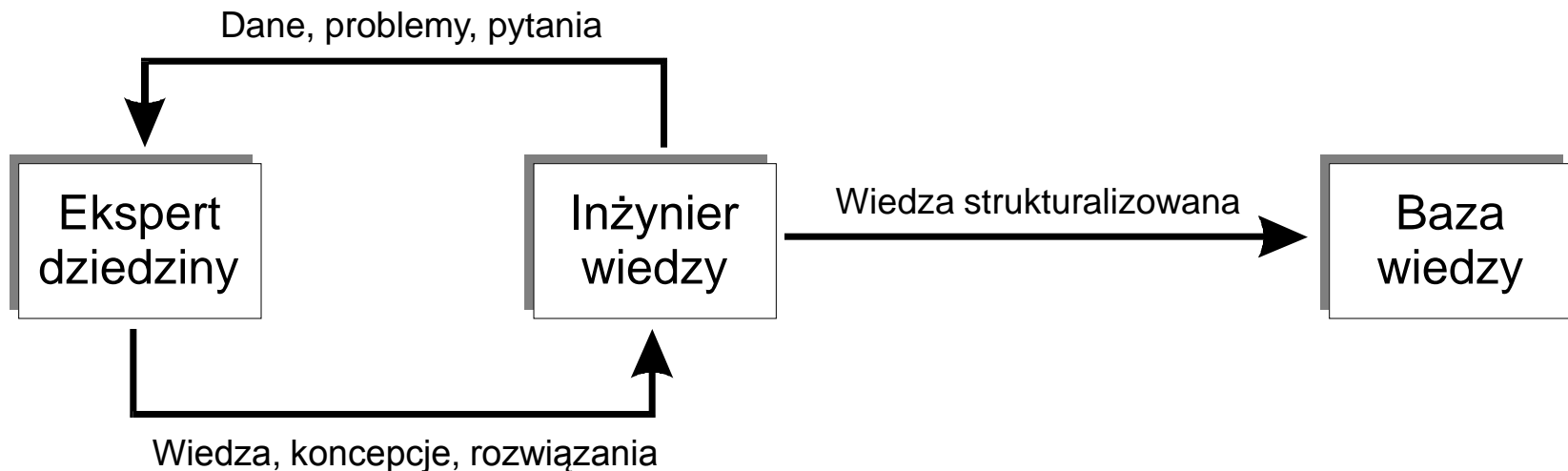
Projektowanie systemu ekspertowego

Określenie dziedziny problemu

- Dokładne zdefiniowanie klasy problemów które system ma rozwiązywać
- Zdefiniowanie wymagań systemu
- Określenie sposobu pozyskania wiedzy

Projektowanie systemu ekspertowego

Budowa bazy wiedzy



- Problem komunikacji inżyniera wiedzy i eksperta! (Zagrożenie stanowiska, różnice językowe, urata znaczenia itp)

Projektowanie systemu ekspertowego

Baza wiedzy

- Konstrukcja właściwej bazy wiedzy jest podstawą poprawnego funkcjonowania systemu ekspertowego. Wymaga ona wyboru odpowiednich faktów z dziedziny działania systemu, uniknięcia błędów i wyboru odpowiedniej struktury dla tych faktów.
- Podczas tworzenia bazy wiedzy należy odpowiedzieć sobie na następujące pytania:
 - Jakie obiekty należy zdefiniować?
 - Jakie są relacje między obiektami?
 - Jak należy formułować i przetwarzać reguły?
 - Czy pod względem rozwiązania specyficznego problemu baza wiedzy jest kompletna i spójna

Konstruowanie bazy wiedzy

- Identyfikacja - określenie charakterystyki problemu do rozwiązania (ekspert i inżynier wiedzy określają problem do rozwiązania i jego zakres - ponadto określają potrzebne środki);
- Reprezentacja - znalezienie sposobu reprezentacji wiedzy (przeprowadzana jest analiza problemu, bardzo istotne jest przeprowadzenie jej w gruntowny sposób, co niweluje występowanie trudności w późniejszym czasie. Gdy problem jest już zrozumiały należy przystąpić do ustalenia informacji oraz danych potrzebnych do jego rozwiązania a następnie zacząć je kompletować);

Konstruowanie bazy wiedzy

- Formalizacja - zaprojektowanie struktur organizujących wiedzy (przełożenie kluczowych koncepcji, reguł i relacji na język formalny. Inżynier wiedzy powinien zaprojektować syntaktykę i semantykę tego języka, a następnie wraz z ekspertem ustalić wszystkie podstawowe pojęcia i relacje, które są niezbędne do rozwiązania postawionego problemu);
- Implementacja - sformułowanie reguł lub ram zawierających wiedzę (inżynier wiedzy łączy i reorganizuje sformalizowaną wiedzę tak, aby stała się zgodna z charakterystyką przepływu informacji danego problemu. Powstały zestaw reguł lub ram i powiązana z nimi struktura kontrolna tworzy prototypowy program);
- Testowanie - sprawdzenie zastosowanych w systemie reguł lub ram (reguły i relacje są sprawdzane pod kątem generowania przez nie odpowiedzi zgodnych z wymaganiami eksperta.).

Projektowanie systemu ekspertowego

Baza wiedzy cd.

Pozyskiwanie wiedzy na bazie komunikacji z ekspertem

1. Analiza działalności eksperta w miejscu pracy, obserwacja wykonywanych działań itp. – analiza złożoności problemu
2. Dyskusja problemu – uszczegółowienie wiedzy, analiza formy reprezentacji wiedzy eksperta.
3. Opisywanie problemu – analiza pozyskanej wiedzy, poszukiwanie niespójności wiedzy i jej braków (sposób postępowania dla określonych faktów)

Projektowanie systemu ekspertowego

- Analizowanie problemu. – komunikacja inżyniera wiedzy z ekspertem, uszczegóławianie znalezionych braków wiedzy, analiza pracy eksperta, wyjaśnianie niespójności wiedzy
- Udoskonalanie systemu – komunikacja eksperta z inżynierem – sprzężenie zwrotne mające na celu weryfikację zaimplementowanej wiedzy, wstępną weryfikację systemu

Projektowanie systemu ekspertowego

- Testowanie systemu – testowanie i opiniowanie przez eksperta zbudowanej bazy wiedzy, ocena reguł, strategii wyboru reguł, prototypowanie systemu itp.
- Legalizacja systemu. – analiza systemu przez innych ekspertów celem dalszej weryfikacji i uszczelnienia systemu

Formy reprezentacji wiedzy



Formy reprezentacji wiedzy i typy reguł

- Proceduralna
- Deklaratywna

Różne typy reguł

- Reguły klasyczne (twarde)
- Reguły rozmyte
- Reguły bazujące na wzorcach (bazujące na prototypach)

Budowa reguł

Fakty/Przesłanka

Zmienna

wartość

Jeżeli pogoda jest pochmurna
i
ciśnienie jest niskie

to

Implikacja

Poprzednik

wystąpią opady deszczu

zmienna

wartość

fakt

Następnik
konkluzja

Reguły klasyczne

- Podlegają klasycznej logice dwuwartościowej
- Operuje na wartościach $\{0,1\}$
- Każdy operator jak i fakt przyjmuje wartości *prawda/fałsz*

Przykład

Jeżeli $\text{temperatura}(x) > 38$ st.C i $\text{dreszcze}(x)$ to X ma grypę

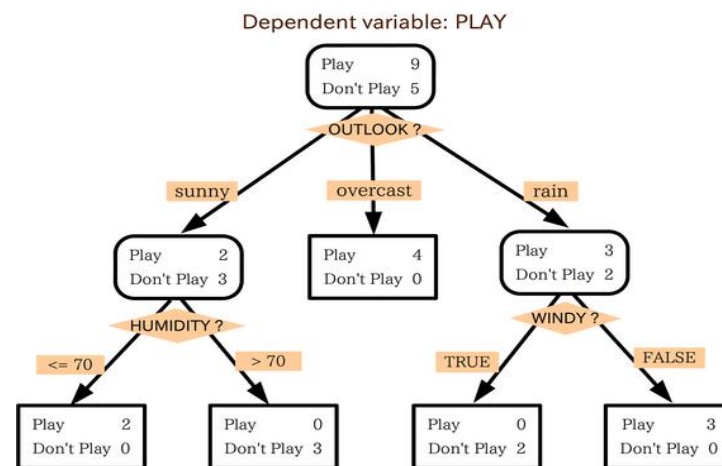
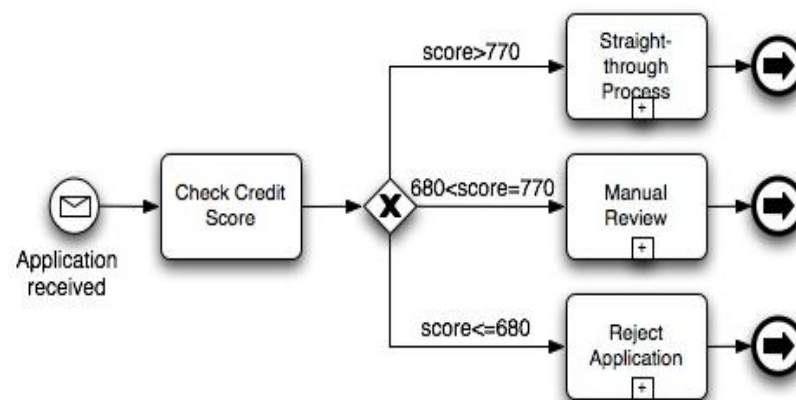
Reguły klasyczne - przykład

□ W postaci klasycznych reguł jeżeli .. To ..

■ List reguł

□ Jeżeli *temperatura < 15*
i *wilgotność > 80* to
będzie padać

■ Drzew decyzyj



Reguły rozmyte

- Podlegają logice w której występuje nieskończenie wiele wartości
- Wykorzystują bardziej naturalny dla ludzi sposób reprezentacji przesłanek „temperatura wysoka”, „niskie ciśnienie”
- Wynikiem każdej operacji/operatora jest liczba z przedziału $[0,1]$ określająca stopień spełnienia tej operacji

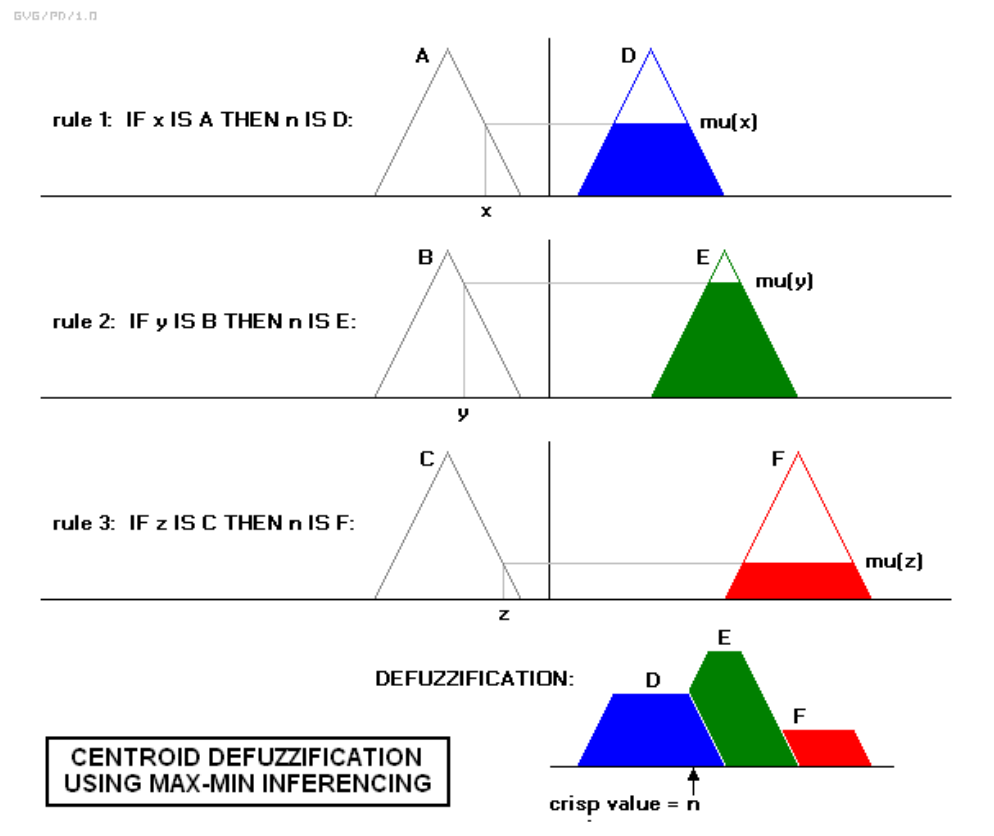
Przykład:

Jeżeli pogoda jest pochmurna i ciśnienie jest niskie to wystąpią opady deszczu

Reguły rozmyte - przykład

□ W postaci reguł rozmytych

- Jeżeli *temperatura jest około 15st* i *wilgotność jest około 80* to będzie padać



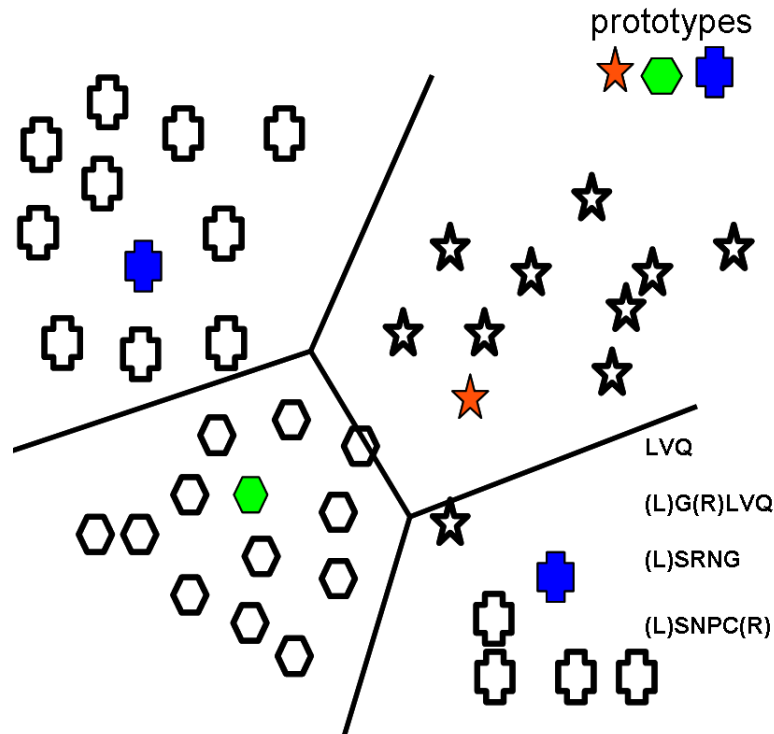
Reguły bazujące na prototypach

- Posiadają wszystkie właściwości reguł rozmytych
- Przesłanki reguł rozmytych reprezentują podobieństwo do obiektów wzorcowych
- Naturalna forma reprezentacji wiedzy przez nasze mózgi
- Rozwiązanie problemu interpretacji złożonych baz wiedzy (czytelna forma reguł)

Jeżeli warunki atmosferyczne są typowe dla deszczu to powinien wystąpić opad

Reguły bazujące na prototypach - przykład

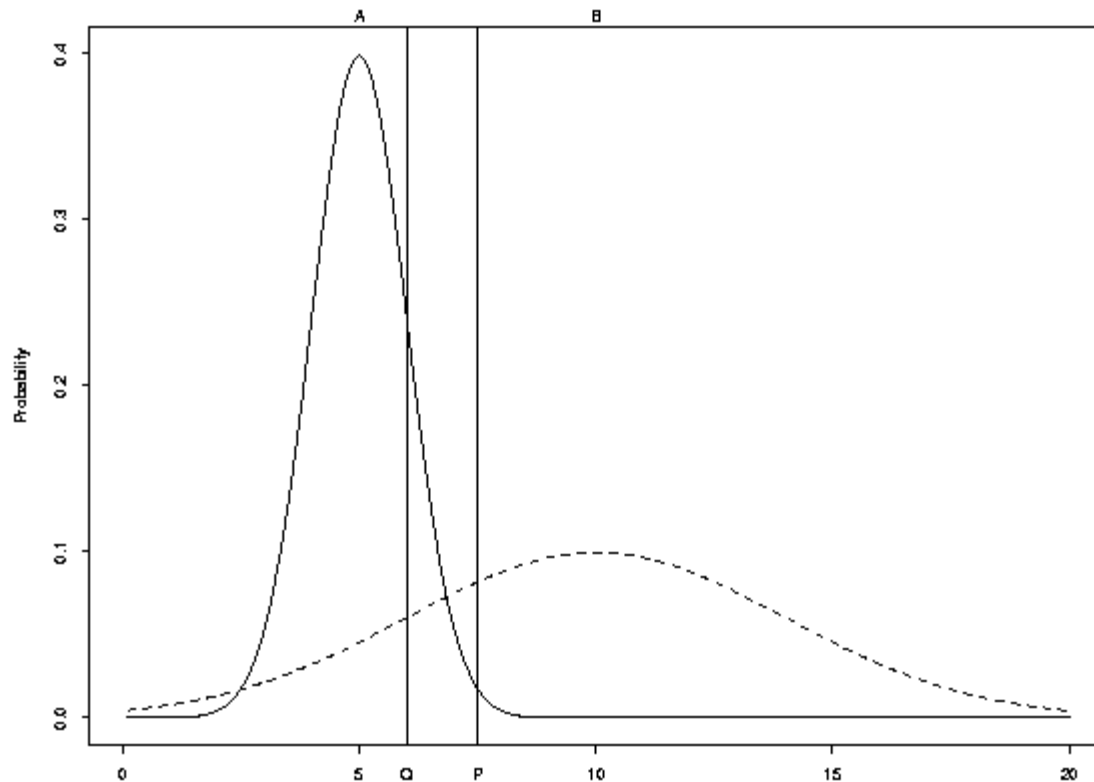
- W postaci reguł bazujących na prototypach
 - Jeżeli *pogoda jest zła* to będzie *padać* w przeciwnym razie *nie będzie padać*



Inne formy reprezentacji wiedzy

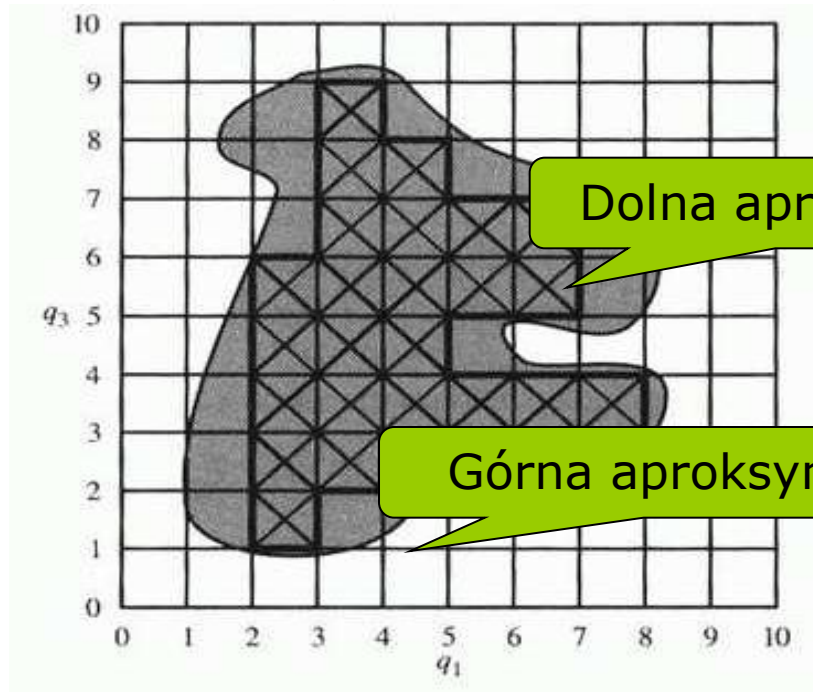
□ W postaci probabilistycznej

- $P(\text{wilgotność, temperatura} | \text{padać}) > P(\text{wilgotność, temperatura} | \text{nie padać}) \Rightarrow \text{nie będzie padać}$



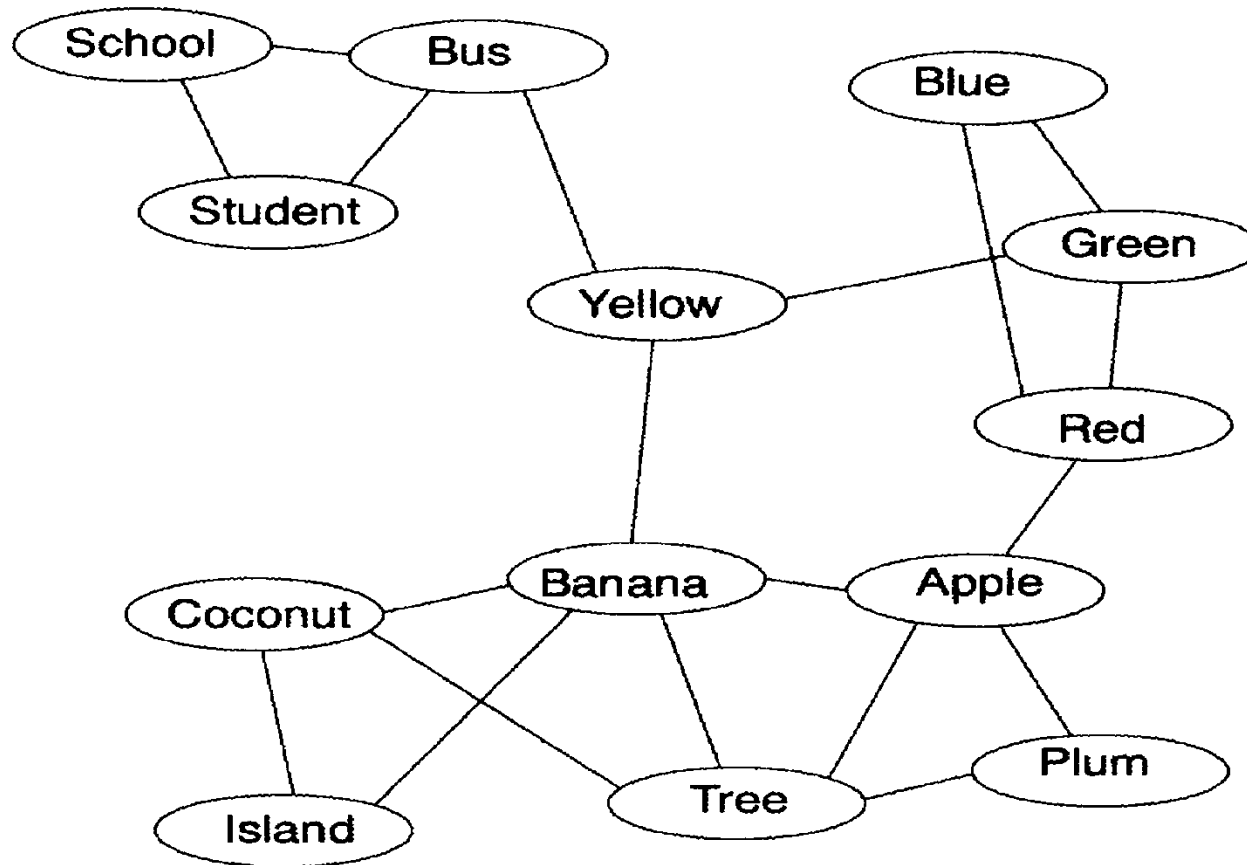
Inne formy reprezentacji wiedzy

- Za pomocą zbiorów przybliżonych (definiujemy dolną i górną aproksymację dla zbioru *padać*) i na podstawie odpowiedniej heurystyki podejmujemy decyzję



Inne formy reprezentacji wiedzy

- Sieci semantyczne (np. gra w 20 pytań)



Systemy ekspertowe – narzędzia



Języki reprezentacji wiedzy

- Prolog - *Programmation en Logique* – język programowania logicznego, stworzony w 1971 roku
- LIPS – *Language Integrated Production System*. jeden z najstarszych języków programowania logicznego (1951) – Obok fortrana najstarszy język wysokiego poziomu
 - CLIPS - *C Language Integrated Production System*. Jedna z darmowych wersji implementacji języka LIPS