

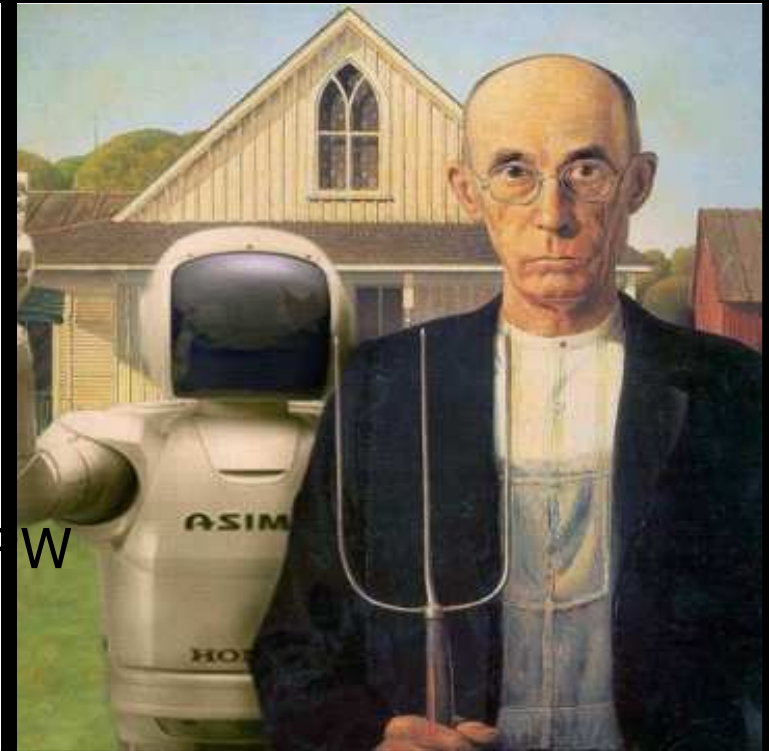
# Sztuczna Inteligencja

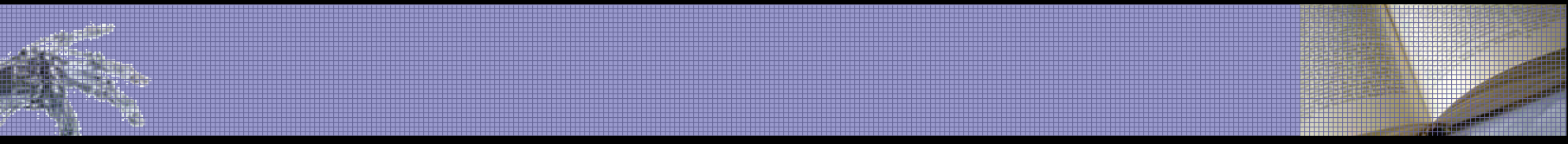
## *Wykład 4*

Piotr Wąsiewicz

Zakład Sztucznej Inteligencji - ISE PW

[pwasiewi@elka.pw.edu.pl](mailto:pwasiewi@elka.pw.edu.pl)





# Wprowadzenie do systemów ekspertowych



- Wprowadzenie
- Podstawowe wiadomości
- Podstawowe koncepcje
- Struktura



# Zastosowania SI tzn. Systemów Ekspertowych

- Program szachowy z komputera Deep Blue *pokonał* mistrza świata Gary Kasparova. Inne programy mogą udowadniać matematyczne twierdzenia, tłumaczyć na języki obce np. Altavista, planować procesy produkcyjne, operacje w trudnych warunkach np. DART.
- Program PEGASUS rezerwuje miejsca w amerykańskich liniach lotniczych słuchając poleceń klientów. Program ALVINN może w każdych warunkach atmosferycznych kierować ciężarówką np. przejechał nią z Washingtonu do San Diego.
- Inteligentne programy rozpoznają twarze np. w bankach, odręczne pismo, sprawdzają lub projektują układy elektroniczne np. EURISKO, rekonstruuja projekty architektów, szuka złóż geologicznych np. PROSPECTOR, interpretuje związki chemiczne np. SCANMAT, DENDRAL.
- Programy zwane systemami ekspertowymi pomagają lub są lepsze w diagnozach lekarskich np. MYCIN, CADUCEUS, CASNET, Intellipath, Pathfinder; konfigurują sprzęt komputerowy np. XCON; pomagają w podejmowaniu finansowych decyzji znajdując

# Kategorie systemów ekspertowych

- doradcze (ang. *advisory*)
- podejmujące decyzję bez kontroli człowieka (ang. *dictatorial*)
- krytykujące (ang. *criticizing*)





# *Inżynieria wiedzy tworzy metody programowania dla:*

- akwizycji (pozyskiwania) i strukturalizacji wiedzy ekspertów
- dopasowania i wyboru odpowiednich metod wnioskowania i wyjaśniania dla rozwiązywanych problemów,
- projektowanie odpowiednich interfejsów (układów pośredniczących) między komputerem, a użytkownikiem.



# Ogólna struktura systemu ekspertowego



ca

# Podstawowe bloki systemu ekspertowego





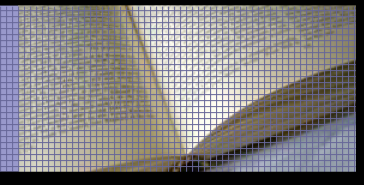
# Elementy struktury systemu ekspertowego

- baza wiedzy (np. zbiór reguł),
- baza danych (np. dane o obiekcie, wyniki pomiarów, hipotezy),
- procedury wnioskowania - maszyna wnioskująca,
- procedury objaśniania - objaśniają strategię wnioskowania,
- procedury sterowania dialogiem - procedury wejścia/wyjścia umożliwiają formułowanie zadań przez użytkownika i przekazywanie rozwiązania przez program,
- procedury umożliwiające rozszerzanie oraz modyfikację wiedzy - akwizycja wiedzy.

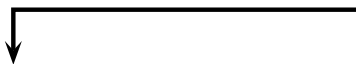
# Główne elementy systemu ekspertowego



# Typowy proces pozyskiwania wiedzy



Dane, problemy, pytania



Ekspert  
dziedziny



# Role twórców systemu ekspertowego



- reprezentacja wiedzy,
- akwizycja wiedzy,
- sposób użycia wiedzy,
- objaśnianie i uczenie się.



# Porównanie konwencjonalnego przetwarzania z inżynierią

Konwencjonalne przetwarzanie danych	Inżynieria wiedzy
Programista analityk systemu	Inżynier wiedzy
Program	System ekspertowy
Baza danych	Baza wiedzy
Reprezentacja i użycie danych	Reprezentacja i użycie wiedzy
Algorytm	Heurystyki
Efektywna manipulacja dużymi bazami danych	Efektywna manipulacja dużymi bazami wiedzy



# Porównanie ekspertyzy naturalnej z ekspertyzą sztuczną

## Ekspertyza naturalna wykonywana przez człowieka

### Wady:

- trudna do przeniesienia
- trudna do dokumentacji
- nie dająca się przewidzieć
- kosztowna
- tracąca na wartości z upływem czasu

## Ekspertyza sztuczna

### Zalety:

- łatwa do przeniesienia
- łatwa do dokumentacji
- zgodna z bazą wiedzy
- dostępna
- stała



# Porównanie ekspertyzy naturalnej z ekspertyzą sztuczną

## Ekspertyza naturalna wykonywana przez człowieka

### Zalety:

- twórcza
- adaptacyjna
- wykorzystywnie zmysłów
- szeroki zakres
- wiedza zdrowego rozsądku

## Ekspertyza sztuczna

### Wady:

- nie inspirująca
- wymaga wprowadzenia wiedzy
- wejście symboliczne
- wąski zakres
- wiedza przetwarzana w sposób mechaniczny





## Tryby pracy systemów ekspertowych

- *Diagnoza*
- *Prognoza*
- *Plan*



# Rodzaje systemów ekspertowych

Kategoria	Zadania realizowane przez systemy eksperto- we
Interpretacyjne	Dedukują opisy sytuacji z obserwacji lub stanu czujników, np. rozpoznawanie mowy, obrazów, struktur danych
Predykcyjne	Wnioskują o przyszłości na podstawie danej sytuacji, np. prognoza pogody, rozwój choroby
Diagnostyczne	Określają wady systemu na podstawie obserwacji, np. medycyna, elektronika, mechanika
Kompletowania	Konfigurują obiekty w warunkach ograniczeń, np. konfigurowanie systemu komputerowego
Planowania	Podejmują działania, aby osiągnąć cel, np. ruchy robota
Monitorowania	Porównują obserwacje z ograniczeniami, np. w elektronice atomowych, medycynie, w ruchu ulicznym

# Rodzaje systemów ekspertowych c.d.

Kategoria	Zadania realizowane przez systemy eksperto- we
Sterowania	Kierują zachowaniem systemu; obejmują interpre- towanie, predykcję, naprawę i monitorowanie za- chowania się obiektu
Poprawiania	Podają sposób postępowania w przypadku złego funkcjonowania obiektu, którego te systemy doty- czą
Naprawy	Harmonogramują czynności przy dokonywaniu na- praw uszkodzonych obiektów
Instruowania	Systemy doskonalenia zawodowego dla studen- tów

# Podstawowe obszary zastosowań systemów ekspertowych

Sektor Zastosowanie	Bankowość i ubezpieczenia	Przemysł	Handel i usługi	Sektor publiczny i inne
Monitorowanie Sterowanie	Obserwowanie trendów	Nadzorowanie procesów, sterowanie procesami, raportowanie specjalnych sytuacji	Obserwowanie trendów	Monitorowanie reaktorów jądrowych oraz dużych sieci (gazowe, wodne)
Projektowanie		Projektowanie zakładów i produktów, komputerów	Wybór asortymentów, doradztwo dla rolnictwa	Sieci (pocztowe, energetyczne)

# Podstawowe obszary zastosowań systemów ekspertowych

Sektor Zastosowanie	Bankowość i ubezpieczenia	Przemysł	Handel i usługi	Sektor publiczny i inne
Diagnostyka	Kredyty, pożyczki na nieruchomości, analiza ryzyka, przetwarzanie skarg	Wykrywanie uszkodzeń, utrzymywanie zdolności produkcyjnej	Kredyty, analiza ryzyka	Diagnoza medyczna, diagnoza techniczna
Planowanie	Analiza ryzyka, planowanie inwestycji	Projektowanie funkcji logicznych, planowanie projektu	Analiza ryzyka, analiza rynku	Planowanie inwestycji, plany na wypadek klęski, planowanie dystrybucji

- Ze względu na sposób realizacji
  - dedykowane
  - szkieletowe
- Ze względu na metodę prowadzenia procesu wnioskowania
  - z logiką dwuwartościową (Boole'a)
  - z logiką wielowartościową
  - z logiką rozmytą
- Ze względu na rodzaj przetwarzanej informacji
  - z wiedzą pewną, czyli zdeterminowaną
  - z wiedzą niepewną (aparaturę probabilistyczną)

# Właściwości systemów ekspertowych

- Poprawność systemu
- Uniwersalność
- Złożoność
  - małe (100 - 300 reguł)
  - średnie (300 - 2000 reguł)
  - duże (ponad 2000 reguł)
- Autoanaliza
- Zdolność udoskonalania bazy wiedzy
  - kontrola niesprzeczności nowo wprowadzanych do bazy wiedzy reguł z regułami w niej zawartymi
  - kontrola zgodności reguł z nowo wprowadzanymi faktami
  - mechanizm oceny częstości stosowania poszczególnych reguł
  - mechanizm rozbudowy istniejącej bazy reguł poza zakres danej bazy wiedzy

# Podczas tworzenia *bazy wiedzy* należy odpowiedzieć

- jakie obiekty należy zdefiniować?
- jakie relacje między obiektami?
- jak należy formułować i przetwarzać reguły?
- czy z punktu widzenia rozwiązywania specyficznego problemu, baza wiedzy jest kompletna?





# Rodzaje baz wiedzy

- baza tekstów (ang. *text base*)
- baza danych (ang. *data base*)
- baza reguł (ang. *rule base*)
- baza modeli (ang. *model base*)
- baza wiedzy zdroworozsądkowej (ang. *common sense knowledge base*)



- wygodny dla użytkownika sposób komunikacji i zautomatyzowane operacje rejestracji przy rozmieszczaniu informacji;
- kontrolowanie ortograficznej i syntaktycznej poprawności wprowadzanej informacji tekstowej;
- sprawdzanie semantycznej niesprzeczności między dotychczasową zawartością bazy danych, a nowo wprowadzanymi faktami.



# Narzędzia do tworzenia systemów ekspertowych

- systemy szkieletowe (ang. *expert system shells*)
- środowiskowe programy ułatwiające implementację systemu, np. programy ułatwiające zarządzanie bazą wiedzy, programy grafiki komputerowej, itd.
- języki systemów ekspertowych, jak CLIPS, FLOPS, OPS5 itd.
- języki programowania symbolicznego np. LISP, PROLOG,
- języki algorytmiczne np. C, C++, Python, Java itd.



# Zalety systemów szkieletowych

- zapewniają one mechanizm dla formalnej reprezentacji wiedzy, np. reguły, ramy itp.
- zapewniają narzędzia do strukturalizacji bazy wiedzy,
- posiadają wbudowany mechanizm wnioskowania,
- dają interfejs odpowiedni do utworzenia systemu ekspertowego, umożliwiając konstruowanie i rozbudowę bazy wiedzy również dla końcowego użytkownika,
- zapewniają udogodnienia do tworzenia komponentów systemu objaśniającego,
- dają narzędzia do sprawdzenia poprawności bazy wiedzy,
- dają narzędzia do pozyskiwania wiedzy,
- przy tworzeniu systemu nie trzeba znać języka, w jakim system szkieletowy jest napisany.

# Wady systemów szkieletowych

- twórca systemu ekspertowego jest ograniczony do możliwości danego narzędzia. Specyficzny system szkieletowy jest przeznaczony do odpowiednich zastosowań, nie do wszystkiego, np. diagnozowanie, planowanie,
- czasem trzeba poznać język danego systemu szkieletowego np. GURU, Knowledge Pro, itp.
- każdy system szkieletowy ma swoją specyficzną strukturę reguł,
- zmiana funkcji systemu jest możliwa, jeśli jest to przewidziane i jest do tego odpowiedni interfejs; na ogół nie można nic przerabiać, ponieważ brak jest kodu źródłowego,
- wysokie ceny; mogą one pracować na określonych typach komputerów, czasami o potężnej mocy obliczeniowej.

- model nr 1 Walstona-Felixa (1977):

$$MM = 5,2L^{0,91}$$

- model nr 2 Boehma (1981):

$$MM = 2,4L^{1,05}$$

gdzie  $L$  - liczba tysięcy instrukcji kodu, a  $MM$  - osobo-miesiące (ang. *man-month*)



# Porównanie czasów tworzenia systemów ekspertowych

		Czas tworzenia ( <i>MM</i> )		
Wielkość systemu	$\frac{\text{Liczba instrukcji}}{\text{Liczba reguł}}$	Model 1	Model 2	Technika ES
Małe	$\frac{2000}{100-200}$	9,7	5,0	0,5
Średnie	$\frac{8000}{500-1000}$	34,5	21,0	6 - 8
Duże	$\frac{120000}{2000-10000}$	430,0	392,0	18 - 36



- zmniejszenie liczby operatorów
- zmniejszenie potrzeby ciągłej obecności operatorów o wysokich kwalifikacjach
- zmniejszenie kosztów trenowania operatorów
- zwiększenie jakości systemu
- zwiększenie przepustowości systemu
- zmniejszenie awaryjności
- bardziej spójne o wyższej jakości monitorowanie





- procesy maszyny wnioskującej
- procesy pozyskiwania wiedzy
- procesy komunikowania się z użytkownikiem



# Architektura rozproszonego systemu czasu rzeczywistego



- Reguły wyzwalaone co pewien czas  
*Przykład:* REGUŁA: "Niewłaściwe napięcie baterii";  
KONTEKST: {Manewr};  
OKRES TESTU: 10 sekund;  
PRIORYTET: 100;  
IF bateria1.napięcie < 27,5  
THEN bateria1.status := niewłaściwy;  
Alarm("eps","bateria1","Napięcie baterii1 jest teraz niewłaściwe, aby odbył się manewr");



- Wnioskowanie czasowe



- Wnioskowanie czasowe

*Przykład:* REGUŁA: "Niewłaściwe napięcie baterii";

KONTEKST: {Manewr};

OKRES TESTU: 10 sekund;

PRIORYTET: 100;

IF Min(bateria1.napięcie, 30 sekund) > 35

THEN bateria1.status := niewłaściwy;

Alarm("eps","bateria1","Napięcie baterii1 przekroczyło górne ograniczenie przez co najmniej 30 sekund");



# Podstawowe wymagania stawiane systemom czasu rzeczywistego

- Koncentracja uwagi
- Działania ciągłe

