

Temat: Systemy Ekspertowe i ich zastosowania

Opracował: mgr inż. Jacek Habel

1. Wprowadzenie do systemów ekspertowych – ogólne definicje.

System ekspertowy jest pojęciem, które jest przypisywane do pewnej klasy programów, ale jak na razie nie istnieje jego obowiązująca definicja. Zacytujmy tu dwie przykładowe definicje.

1. System ekspertowy to program obliczeniowy (komputerowy), który obejmuje zorganizowaną wiedzę dotyczącą pewnego obszaru, w którym człowiek może występować jako ekspert, wystarczający do występowania jako efektywny jakościowo i finansowo konsultant (P.Finlay – Loughborough University, Wielka Brytania).
2. System ekspertowy to program komputerowy, który wykazuje w pewnej określonej dziedzinie taki stopień ekspertowości w rozwiązywaniu problemów, który może być porównywalny do stopnia wykazywanego przez człowieka eksperta (J.Ignizio – University of Huston).

Głównymi elementami systemu ekspertowego są: baza wiedzy, baza danych, mechanizm wnioskowania, mechanizm sterowania oraz interfejs użytkownika. Są to elementy występujące w większości spotykanych rozwiązań architektury systemów. Należy tu zauważyć, że wyłącznie baza wiedzy i baza danych są zależne bezpośrednio od zastosowań systemu, podczas gdy pozostałe elementy mogą być w dużym stopniu niezależne od zakresu zastosowań. Spostrzeżenie to doprowadziło do powstania tzw. szkieletowych systemów ekspertowych, czyli systemów posiadających pustą i edytowalną bazę wiedzy oraz zaimplementowane wszystkie pozostałe elementy.

Przykładem takiego oprogramowania jest program Exsys Professional. Budowa systemu ekspertowego, z wykorzystaniem tego pakietu, sprowadza się do wypełnienia baz wiedzy i danych za pomocą programu edytora wiedzy. Omawiane oprogramowanie cechuje duża elastyczność, która pozwala ingerować w sposób działania poszczególnych mechanizmów systemu poprzez odpowiednie implementacje prostych języków programowania. Zastosowanie szkieletowych systemów ekspertowych pozwala na znaczną redukcję pracochłonności wykonania i kosztów wdrażania systemu ekspertowego.

2. Kiedy stosować system ekspertowy?

Teoretycznie każdy proces podejmowania decyzji można przedstawić w postaci systemu ekspertowego. Jednak praktycznie wiele problemów nie można w sposób efektywny przedstawić, np. jeśli dany problem nie jest do końca rozpoznany lub jest zbyt złożony. Najważniejszym krokiem podczas projektowania systemu ekspertowego jest właściwe zdefiniowanie problemu. Należy zatem postawić sobie następujące pytania:

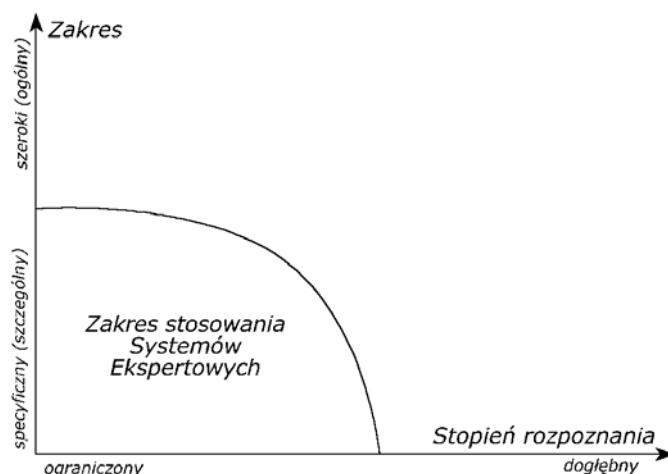
1. Czy człowiek wie jak rozwiązać dany problem?

Jeżeli nie ma człowieka eksperta, który potrafiłby rozwiązać dany problem to wówczas nie możliwe jest zaprojektowanie systemu ekspertowego. Sposób rozwiązywania problemu musi być znany i ściśle zdefiniowany.

2. Czy dany problem posiada znane rozwiązania?

Systemy ekspertowe potrafią wybrać jedno lub wiele możliwych rozwiązań ze zbioru dopuszczalnych. Jeżeli nie możliwe jest określenie wszystkich możliwych rozwiązań, to pisanie reguł do rozwiązywania danego problemu jest bardzo trudne lub wręcz niemożliwe. Niektóre zadania mogą posiadać bardzo duży zbiór możliwych rozwiązań, np. zadanie konfiguracji komputera, ale w tym przypadku możliwe jest określenie zbioru znanych rozwiązań.

3. Jaki jest stopień zrozumienia problemu i jaki jest jego zakres?



Jeżeli rozpatrywany problem jest zbyt ogólny lub wymaga wysokiego poziomu rozpoznania, to nie należy do jego rozwiązywania stosować systemu ekspertowego.

Uwaga 1 – wada: Wiedza eksperta nie może być w całości zapisana w pamięci komputera lecz tylko pewien jej fragment. Jedynie człowiek może rozwiązać nowe zadanie bazując na swojej inteligencji i doświadczeniu – komputer tego nie potrafi (na razie).

Uwaga 2 – zaleta: System ekspertowy może rozwiązywać określone zadania, dla których został zaprojektowany i może go używać każdy człowiek, nawet nie znający sposobu rozwiązywania danego problemu.

Uwaga 3 – zaleta: Zazwyczaj rozwiązanie naszego problemu uzyskujemy znacznie szybciej.

4. Czy sposób rozwiązania problemu jest dostatecznie udokumentowany?

Jeśli tak to rozwiązanie danego problemu może być przedstawione w postaci drzewa decyzyjnego, opisu procedury postępowania, regulacji lub dokładnie określonych instrukcji postępowania. Dobrze rozpoznane problemy łatwiej zapisać w postaci systemu ekspertowego a otrzymywane rozwiązania są czytelne i zrozumiałe.

3. Zakres praktycznych zastosowań.

Systemy ekspertowe znalazły bardzo szerokie zastosowanie głównie jako systemy doradcze dla zadań identyfikacji, klasyfikacji, sterowania, symulacji, diagnostyki. Pierwsze implementacje systemów ekspertowych miały miejsce w medycynie do diagnostyki medycznej w badaniach profilaktycznych takich jak pediatria czy okulistyka. Kolejnym polem zastosowań jest ekonomia. Przykładowe zastosowania systemów ekspertowych w ekonomii to:

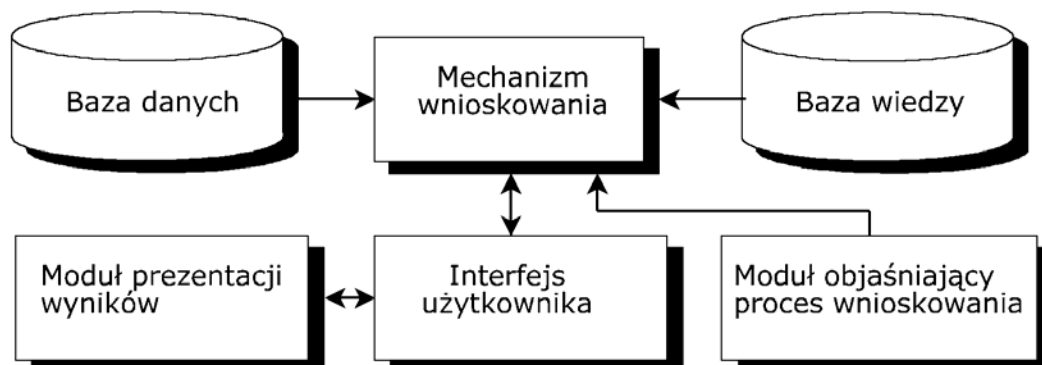
- System do wspomaganie negocjacji,
- System do oceny sytuacji finansowej przedsiębiorstwa,
- System do oceny umiejętności pracowników.

Oczywiście najszerszy zakres zastosowań systemy ekspertowe znalazły w technice. Oto przykładowe ich zastosowania:

- Zadania identyfikacji, rozpoznawania i klasyfikacji,
- Diagnostyka stanu urządzeń i awarii,
- Analiza danych eksperymentalnych,
- Systemy sterowania oparte na wiedzy (regulacja adaptacyjna),
- Projektowanie konstrukcji i technologii,
- Systemy gromadzenia wiedzy (akwizycji wiedzy),
- Symulacji,
- Prognozowania zapotrzebowania,
- Określania stanu technicznego.

4. Budowa systemu ekspertowego, elementy składowe na przykładzie Exsys Professional.

Elementy składowe systemu ekspertowego przedstawia poniższy rysunek.



Jak widać na rysunku centralnym elementem systemu ekspertowego jest mechanizm wnioskowania. Warstwę zewnętrzną widoczną dla użytkownika stanowią: interfejs użytkownika, moduł prezentacji wyników oraz moduł objaśniający proces wnioskowania. Elementami wewnętrznymi są baza danych i baza wiedzy.

W bazie danych znajdują się zarówno zmienne definiowane przez użytkownika jak również zmienne samego systemu. Do dyspozycji mamy kilka typów zmiennych takich jak: zmienne typu liczbowego (*Variable: Number*), zmienne typu znakowego (*Variable: String*) oraz tzw. zmienne wyliczeniowe (*Qualifiers*) pozwalające na zapis dowolnych struktur na zwór języka potocznego.

Istnieją różne metody reprezentacji wiedzy. W przypadku omawianego systemu, wiedza zapisywana jest w postaci reguł decyzyjnych, których postać jest następująca:

IF

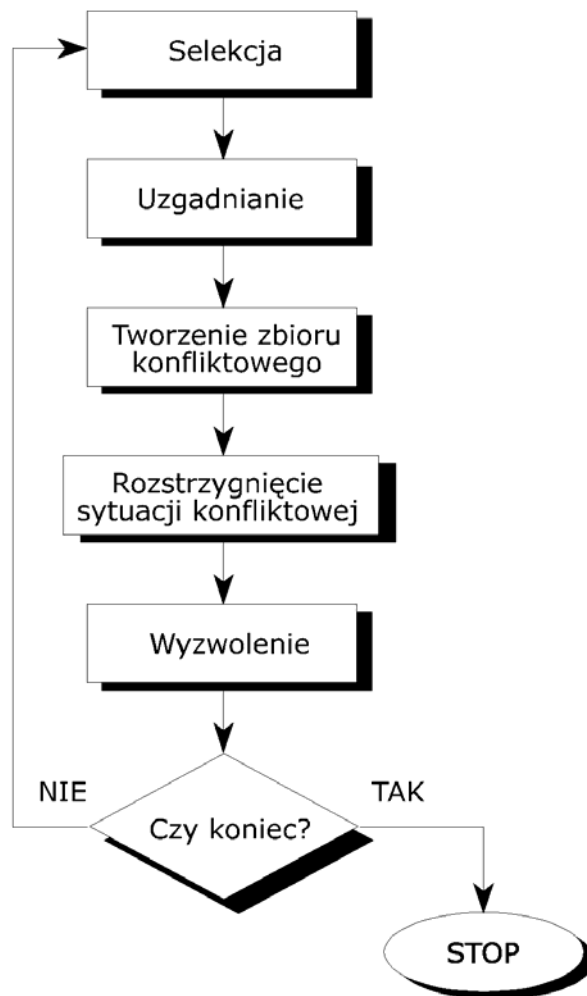
```
warunek1
(and/or) warunek2      sprawdzenie warunków wystąpienia
(and/or) warunek3      działania projektowego
.
```

THEN

```
  ti                wybór działania projektowego
and p1=...
and p2=...             nadanie wartości parametrom działania
.                      projektowego
.
and procedure (p1 , p2..., ) wywołanie procedury realizującej
                        działanie projektowe
```

5. Opis mechanizmu wnioskowania.

Najważniejszym elementem systemu ekspertowego jest mechanizm wnioskowania. Niezależnie od zastosowanej metody wnioskowania, przebieg działania mechanizmu jest ustalony w następujących krokach, pokazanych na poniższym rysunku:



Selekcja – to ograniczanie zbioru faktów, reguł i hipotez dla zmniejszenia liczby uzgodnień, np. porządkowanie zbioru reguł, zawężanie liczby reguł.

Uzgadnianie – to znalezienie reguł, które dają się uzgodnić z faktami. Reguła może być uzgodniona raz lub wielokrotnie zależnie od danych wejściowych. Mamy tu trzy stany faktów: prawdziwe, fałszywe i niesprawdzone.

Tworzenie zbioru konfliktowego – w zależności od przyjętej strategii postępowania może to być np. zbiór możliwych działań do zastosowania w danym momencie.

Rozstrzygnięcie sytuacji konfliktowej – na podstawie zbioru reguł lub przyjętego sposobu jakościowej oceny rozwiązań wybranie najlepszego działania.

Wyzwolenie – wykonanie części *Then* wybranej reguły.

6. Opis metod wnioskowania wprzód i wstecz.

Rozważmy następujący hipotetyczny przykład. Dane są 4 reguły:

R1: IF „A” i „B” THEN „F”

R2: IF „C” i „D” THEN „G”

R3: IF „F” i „G” THEN „H”

R4: IF „E” i „H” THEN „KONIEC”

A. Wnioskowanie wprzód (Forward)

W tym przypadku kierunek wnioskowania jest zgodny z kierunkiem wynikania logicznego w zbiorze reguł. Przyjmujemy następujące założenie: znamy fakty: A, B, C, D, E. Stąd mamy:

Krok 1: Z reguły R1 wnioskuje fakt „F” znamy: A, B, C, D, E, F

Krok 2: Z reguły R2 wnioskuje fakt „G” znamy: A, B, C, D, E, F, G

Krok 3: Z reguły R3 wnioskuje fakt „H” znamy: A, B, C, D, E, F, G, H

Krok 4: Z reguły R4 wnioskuje „KONIEC” znamy: A, B, C, D, E, F, G, H i KONIEC

B. Wnioskowanie wstecz (Backward)

W tym przypadku kierunek wnioskowania jest przeciwny do kierunku wynikania logicznego w zbiorze reguł. Przyjmujemy hipotezę, że znamy rozwiązanie KONIEC oraz zakładamy że znamy fakty: A, B, C, D, E. Stąd mamy:

Krok 1: Z reguły R4 wnioskujemy, że musimy znać fakty „E” i „H”

Krok 2: Aby znać „H” to z reguły R3 musimy przyjąć, że znamy „F” i „G”

Krok 3: Aby znać „G” to z reguły R2 musimy przyjąć, że znamy „C” i „D”

Krok 4: Aby znać „F” to z reguły R1 musimy przyjąć, że znamy „A” i „B”

Jeśli znam fakty A, B, C, D, E (a to przyjęliśmy w założeniu) to potwierdzamy słuszność hipotezy KONIEC.

Wnioskowanie wstecz umożliwia implementację tzw. zagłębianego (zagnieżdżonego) wnioskowania, które jest bardzo użytecznym narzędziem upraszczającym zapis reguł.

Prosty przykład z technologii – dobór półfabrykatu

Weźmy regułę ustalającą postać półfabrykatu:

IF

Przedmiot to: wałek

and Wielkość produkcji: jednostkowa

THEN

Postać półfabrykatu: pręt walcowany

Do stwierdzenia prawdziwości powyższej reguły potrzebna jest znajomość warunków w części IF. Może je oczywiście podać użytkownik, ale może to być dla niego trudne jeśli jest laikiem w tej dziedzinie. Dlatego lepszym rozwiązaniem jest napisanie reguł zagnieżdżonych, które mogą na podstawie innych znanych faktów stwierdzić prawdziwość faktów z tej reguły. Oto przykładowe takie reguły:

IF

Klasa przedmiotu: część obrotowa

and [L]/[D]>1

and Osiove otwory przelotowe: nie istnieją

THEN

Przedmiot to: wałek

IF

[Masa przedmiotu]<100 kg

and [Ilość sztuk w serii]<50

THEN

Wielkość produkcji: jednostkowa

Informacje potrzebne do uzgodnienia powyższych reguł mogą być pobierane bezpośrednio z zewnętrznych źródeł informacji jak np. baza danych wyrobu.

7. Opis poziomów ufności.

Jedną z najmocniejszych stron systemów bazujących na wiedzy jest tworzenie reguł, które mogą stwierdzić stan odpowiedzi (celu) z pewnym prawdopodobieństwem a nie definitywnie (prawda czy fałsz). Dlatego zaimplementowano tzw. poziomy ufności, które określają stopień pewności otrzymywanych wyników. Najprostszym trybem jest tryb Yes/No który jest bardzo prosty, ale jak uczy doświadczenie, w praktyce jest raczej rzadko spotykany. W większości przypadków konkretne fakty mogą implikować jakąś odpowiedź, ale nie definitywnie. Dlatego właściwy wybór odpowiedniego poziomu ufności jest bardzo ważny. Późniejsze zmiany są bardzo trudne lub wręcz niemożliwe. Przy wyborze należy się kierować zasadą – wybierz najprostszy sposób, dzięki któremu można rozwiązać dany problem. Mamy do dyspozycji następujące tryby poziomów ufności:

- **Tryb YES/NO** – Jeżeli wszystkie dane do naszego problemu można definitywnie określić jako prawdziwe lub fałszywe (0 lub 1). Dobry do wyboru obiektów ze zbiorów gdzie

mogą być jednoznacznie zidentyfikowane. Również odpowiedni do konwersji drzew decyzyjnych, które nie wymagają zastosowania prawdopodobieństwa.

- **Tryb 0 do 10** – Najlepszy dla większości problemów. Pozwala na zablokowanie wartości celu na YES(10) lub NO(0) oraz na manipulowanie wartościami od 1 do 9. Jeśli dany cel z kilku uzgodnionych reguł otrzyma różne wartości np. 3, 7 i 8 to jego końcowa wartość jest uśredniana i wynosi 6.
- **Tryb -100 do 100** – Podobny do poprzedniego, ale oferujący większą precyzję. Nie posiada blokowania wartości celu YES/NO. Stosowany głównie, gdy posiadamy dane statystyczne lub gdy potrafimy określić prawdopodobieństwo zdarzeń. Manipulacja wartościami celu może odbywać się w trzech trybach:
 - *Average* – poszczególne wartości otrzymywane z uzgodnionych reguł są uśredniane, zakres: -100 do 100,
 - *Dependent* – poszczególne wartości otrzymywane z uzgodnionych reguł są sumowane według reguł prawdopodobieństwa zaleźnego, zakres: 0 do 100,
 - *Independent* – poszczególne wartości otrzymywane z uzgodnionych reguł są sumowane według reguł prawdopodobieństwa niezależnego, zakres: 0 do 100,
- **Tryb Incr/Decr** – Podstawową zaletą tego trybu jest fakt, że wartość rozwiązania nie jest ograniczona do małego zakresu. Końcowa wartość może osiągnąć wartość +/- 10 000. Pozwala to na zróżnicowanie rozwiązań, które w innych trybach otrzymywałyby tę samą wartość. Wartości celu otrzymywane z uzgodnionych reguł są dodawane lub odejmowane od aktualnej jego wartości. Przykład: Cel1 dostał 3 razy wartość 9 a Cel2 otrzymał 1 raz wartość 9. W trybie 0-10 oba cele mają wartość 9, natomiast w trybie Incr/Decr Cel1=27 a Cel2=9.
- **Tryb Custom Formula** – Ten tryb daje największe możliwości. Każdy może określić własne, dowolnie skomplikowane reguły obliczania wartości celu. Pozwala również na zastosowanie różnych metod oceny w ramach jednego systemu.
- **Tryb Fuzzy Logic** – Jest to bardzo użyteczna i mocna technika, która najlepiej odzwierciedla rzeczywisty świat. Jest to tzw. logika rozmyta, która pozwala przypisywać poszczególnym zmiennym funkcje stopnia jej rozmycia.