

Wydział Informatyki  
Politechnika Białostocka  
Systemy Ekspertowe

Białystok 10.01.2003

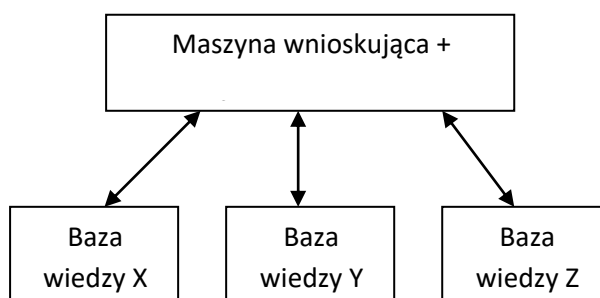
Grupa: C/5/7  
Wykonał:  
Bahojło Marcin

Prowadzący:  
Dr Zenon Sosnowski

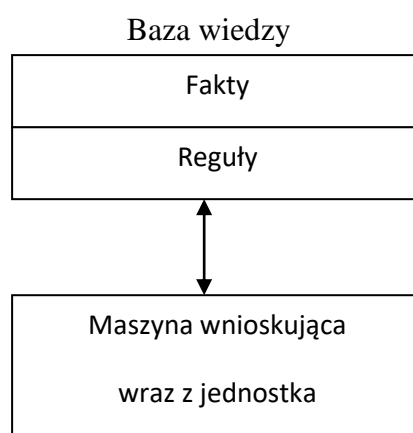
ocena:

# **Główne elementy systemu ekspertowego**

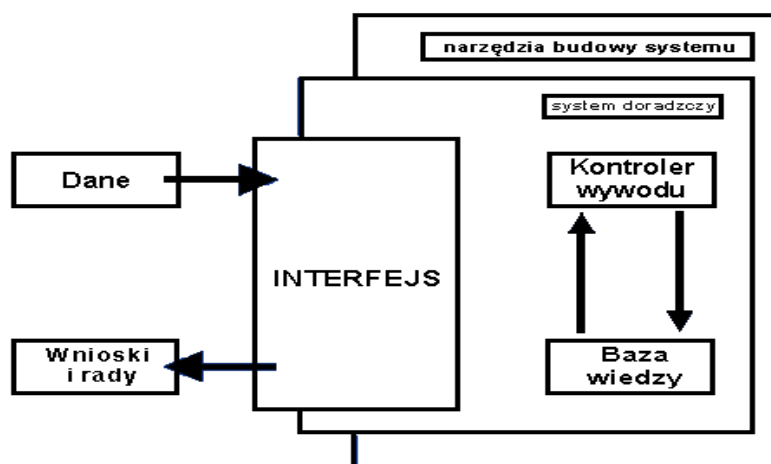
Tak jak chcieli pierwsi prekursorzy systemów ekspertowych zawsze dążono do stworzenia SE w ten sposób, aby wiedza dotycząca konkretnej dziedziny nazywana bazą wiedzy (knowledge base), była oddzielona od reszty systemu (czyli oddzielona od różnych mechanizmów wnioskowania tak, by te nie wpływały bezpośrednio na wiedzę). To dawało możliwość uaktualniania bazy wiedzy zgodnie z postępem czasu. Zatem SE można podzielić na wstępie na dwa podstawowe segmenty baza wiedzy, maszyna wnioskująca i trzeci nieformalny interfejs. Rys1, Rys2.



**Rys1. Ogólna struktura systemu ekspertowego [1]**



**Rys2. Podstawowe bloki systemu eksperckiego [1]**



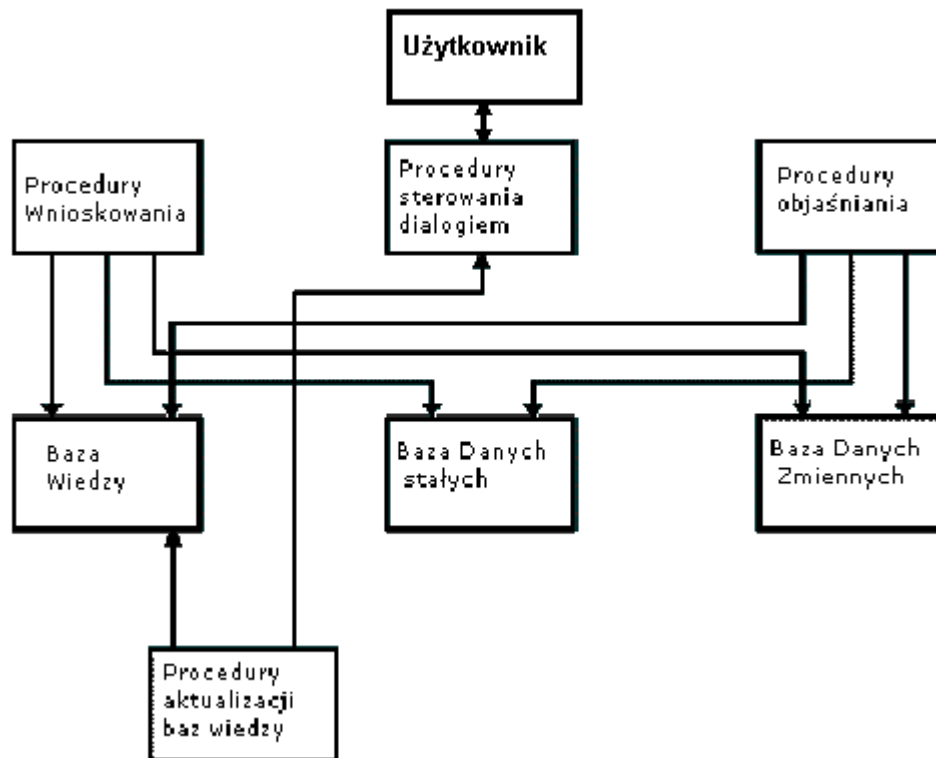
**Rys3. Opis elementów składających się na system ekspercki [4]**

## Struktura systemów eksperckich [1]

Jeśli w sposób bardziej szczegółowy zaczniemy rozpatrywać strukturę systemów eksperckich to wówczas możemy wyróżnić następujące elementy:

- • procedury wnioskowania - **maszyna wnioskująca**
- • **baza wiedzy**, np. zbiór reguł
- • **baza danych**, np. wyniki pomiarów, dane o obiekcie, hipotezy
- • **układy objaśniania** - wyjaśnienie strategii wnioskowania układ
- • procedury **sterowania dialogiem** - formułowanie zadań przez użytkownika poprzez procedury wejścia/wyjścia i przekazywanie wyników przez program (zadania wykonywane przez interfejs)
- • procedury pozwalające na **poszerzenie zakresu wiedzy i jej modyfikację**

Biorąc pod uwagę elementy SE strukturę SE można przedstawić następująco:



Rys 4 Struktura Systemu Eksperckiego

## Opis poszczególnych elementów systemów eksperckich

### Maszyna wnioskująca

Maszyna wnioskująca jest modulem, który wykorzystuje odpowiednie sposoby wnioskowania i manipulacji bazą wiedzy (zawierającą fakty i mechanizm kontrolny) w celu znalezienia rozwiązania problemu lub postawienia diagnozy. Mechanizm kontrolny

wykorzystuje fakty do konkluzji. Podczas wnioskowania MW korzysta zatem z bazy wiedzy w której skład wchodzi interpretator reguł i stwierdzeń (stwierdzeń związanych z rozpatrywanym przypadkiem). Często duża liczba reguł wymaga analizowania ich w odpowiedniej kolejności tak aby zachować logiczną przesłankę, stwierdzenie. Nad zachowaniem tej kolejności czuwa interpretator reguł. Z własnego już doświadczenia zdobytego podczas pracy z programem GoldWorks wiem, że problem ten rozwiązywany jest tam za pomocą nadawania regułom odpowiednich priorytetów. Przyjmuje się, że reguły bez deklaracji mają priorytet równy zero. Priorytet jest to liczba całkowita z przedziału -10000 do 10000. Dzięki priorytetom kopie reguł zapisywane są do różnych stosów. Każdy stos zawiera reguły o tym samym priorytecie potem już reguły są wykonywane począwszy od najwyższego priorytetu.

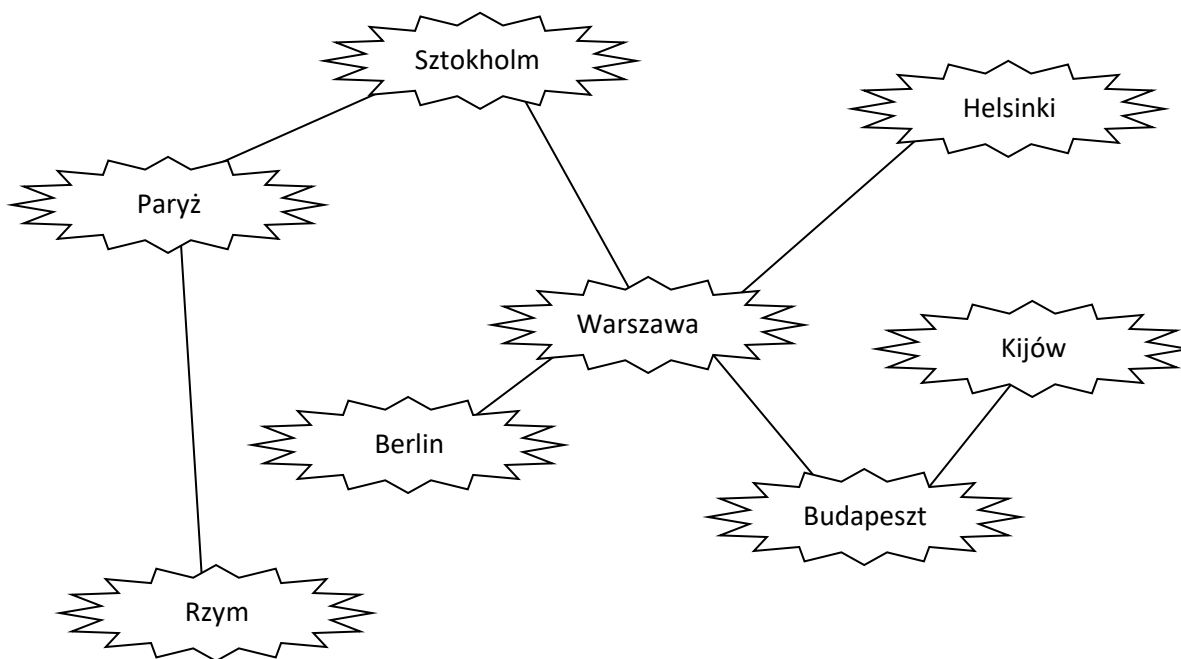
W procesie wnioskowania korzysta się z pewnego obszaru **pamięci roboczej**, gdzie przechowuje się wyniki częściowe (będzie to tzw. stos zadań). Rozwiązywanie problemu rozpoczyna się od umieszczenia hipotezy na stosie zadań. Następnie system przegląda listę faktów w bazie wiedzy, sprawdzając, czy nie ma tam odpowiedzi na postawioną hipotezę. Jeżeli okaże się, że znajduje się tam już fakt, który daje się dopasować symbolicznie do hipotezy (zarówno nazwa, jak i argumenty), to następuje zakończenie procesu wnioskowania i jest generowany odpowiedni komunikat. W momencie kiedy po przejrzaniu całej bazy faktów program nie może uzyskać odpowiedzi na postawioną hipotezę, są podejmowane kroki, w wyniku których są generowane nowe fakty. W tym celu są określane reguły, których przesłanki są prawdziwe. Wyznacza się zbiór reguł możliwych do zastosowania w danym etapie wnioskowania i umieszcza w pewnym obszarze **pamięci roboczej** zwanym *agendą*. Następnie na podstawie dodatkowej wiedzy stanowiącej tzw. strategię sterowania wnioskowaniem jest wybierana i uaktywniana jedna z reguł. Proces jest kontynuowany tak długo, aż cel zostanie osiągnięty lub gdy nie można uaktywnić więcej reguł.

## **Maszyna wnioskująca wykorzystuje dwa rodzaje wnioskowania**

Przejawem inteligencji w systemach eksperckich jest proces wnioskowania. Rozróżnia się dwa podstawowe sposoby wnioskowania: w przód (wstępujące) i wstecz (zstępujące).

**Wnioskowanie „w przód”** idea wnioskowania w przód jest stosunkowo prosta - system ekspercki, wychodząc od dostępnych reguł i faktów, tworzy nowe fakty tak długo, aż któryś z nich będzie rozwiązaniem postawionego problemu. Bazując na znanych faktach, określa się zbiór reguł, które można uaktywnić. Pod uwagę bierze się te reguły, które spełniają wszystkie przesłanki w części warunkowej, a następnie wybiera się jedną regułę, która zostaje uaktywniona. Tym sposobem uzyskiwany jest nowy fakt. Proces ten jest powtarzany do momentu, gdy zostanie udowodniona lub zaprzeczona hipoteza. Strategii wyboru reguł jest kilka. Przeważnie bazują one na liczbie przesłanek w części warunkowej, kolejności w bazie wiedzy lub na tym, czy reguła była już wykorzystywana we wnioskowaniu.

W prostych słowach jeśli powyższa definicja wydaje się być skomplikowana brzmi to tak: Obserwujemy fakt, szukamy reguł z przesłankami związanym z faktem. Reguła ze spełnionym faktem może być wykonana[6].



**Rys 5. Graf wnioskowań**

### **Przykład wnioskowania „w przód”**

W przykładzie zadajemy maszynie wnioskującej pytanie czy jest połączenie pomiędzy Budapesztem a Paryżem. Wnioskowanie „**w przód**” wygląda następująco: sprawdzane są wyloty z Budapesztu i znajduwane są miejsca ich przeznaczenia, biorąc pod uwagę Rys 5 z Budapesztu mamy połączenia do Kijowa oraz do Warszawy. Następnie z Warszawy brane są wyloty i znajduwane są miejsca ich przeznaczenia, są to miasta Berlin, Sztokholm, Helsinki. Jednocześnie dla Kijowa szukane są wyloty i ich miejsca docelowe, nie ma tych miejsc przeznaczenia, więc przez Kijów na pewno do Paryża brak drogi. Zostaje następnie zbadanie Berlina Helsinek i Sztokholmu. W przypadku Berlina i Helsinek kończy się rozpatrywanie tak jak dla Kijowa, natomiast dla Sztokholmu sprawdzenie wylotów i miejsc przeznaczenia daje w wyniku Paryż. Szukana droga zatem istnieje, koniec wnioskowania.

**Wnioskowanie wstecz** jest pewnym odwróceniem poprzedniego toku myślowego. W tym przypadku najpierw zakłada się prawdziwość pewnej hipotezy, a następnie się ją weryfikuje. System ekspercki określa najpierw zbiór reguł, których konkluzją jest badana hipoteza. Ze zbioru reguł wybierana jest reguła do uaktywnienia i jeśli wszystkie jej przesłanki są prawdziwe, to hipoteza została udowodniona. Jeśli nie, należy znaleźć reguły, które tym razem w konkluzji zawierają przesłanki z poprzedniej reguły. Maszyna wnioskująca cofa się we wnioskowaniu aż znajdzie regułę, dla której wszystkie przesłanki są prawdziwe i dopiero wówczas uznaje, że hipoteza jest prawdziwa. W typowych zastosowaniach wnioskowanie wstecz jest efektywniejsze i bardziej rozpowszechnione[6].

### Przykład wnioskowania „wstecz”

Maszyna rozpatruje pytanie na podstawie grafu z rys 5 problem: Czy istnieje połączenie Warszawa Rzym? Maszyna rozpatruje miejsca skąd przylatują samoloty do Rzymu, czyli Paryż, następnie dla Paryża rozpatrywane są miejsca skąd przylatują samoloty do Paryża, czyli z grafu wynika, że jest to Sztokholm potem zaś podobnie dla Sztokholmu rozpatrujemy skąd może przylecieć samolot do Sztokholmu i uzyskujemy w końcu Warszawę. Droga istnieje, koniec wnioskowania.

Oprócz wymienionych, podstawowych sposobów wnioskowania, stosuje się jeszcze wnioskowanie mieszane i rozmyte.

### Baza wiedzy

Baza wiedzy zawiera fakty i reguły, które są niezbędne do rozwiązania problemu w specyficznej dziedzinie. Fakty są zdaniami oznajmującymi, np. Samochód osobowy ford puma ma 3,5 m długości. Fakt ten może być reprezentowany w postaci związku między pewnymi obiektami i charakteryzować się różnymi cechami (atrybutami). W rozważanym przykładzie występuje obiekt samochód osobowy. Oprócz niego w bazie wiedzy mogą wystąpić inne obiekty, np. samochody, samochody ciężarowe, samochody wyścigowe itp. W podanym przykładzie obiekt samochód ma dwie cechy: nazwę oraz długość. Między obiektami w bazie wiedzy mogą istnieć różne związki. Na przykład samochód osobowy ma wszystkie charakterystyki samochodu i oprócz tego specjalne charakterystyki, które są specyficzne dla samochodów osobowych. Wszystkie charakterystyki samochodu, np. poruszanie się po drodze, są przypisane dla obiektu „samochód”. Dzięki zdefiniowanym relacjom charakterystyki te są jednocześnie „dziedziczone” (inherited) przez obiekt „samochód osobowy”, tak więc tylko te charakterystyki, które są specyficzne dla samochodów osobowych zostają do zdefiniowania. Pewne procedury i funkcje również mogą być przypisane indywidualnym obiektom, np. prędkość jako funkcja siły wiatru i kierunku wiatru. W programach tego typu są grupowane charakterystyki i procedury z różnymi obiektami.

Oprócz faktów baza wiedzy zawiera **reguły** o postaci

#### **IF warunek THEN wniosek AND/OR akcja**

W części warunkowej znajdują się przesłanki, dzięki którym są zadawane pytania o związki między cechami (charakterystykami) obiektów. Uznanie jakiejś reguły nazywa się *uaktywnieniem reguły*. Dzięki uaktywnieniu reguł, nowe fakty (wnioski) są dodawane do bazy wiedzy i/lub odpowiednie akcje są wykonywane [1].

Przykład reguły wykorzystywanej w Goldworksie:

```
(DEFINE-RULE WZROSTNIEPASI
  IF
  (INSTANCE ?K IS KOBIETA
    WITH KOCZU ?KKOCZU
    WITH KWLOSOW ?KKWLOSOW
    WITH WZROST ?KWZROST
    WITH NAZWISKO ?NAZWISKO)
  (INSTANCE ?SK IS SZUKANA
    WITH KOCZU ?KOCZU
    WITH KWLOSOW ?KWLOSOW
    WITH WZROST ?WZROST
```

```

WITH NAZWISKO_SZUKAJACEGO ?NAZWISKO_SZUKAJACEGO)
(AND
(EQUAL ?KKOCZU ?KOCZU)
(EQUAL ?KKWŁOSOW ?KWŁOSOW)
(NOT-EQUAL ?KWZROST ?WZROST))
THEN
ASSERTION NIEPASUJA ?NAZWISKO_SZUKAJACEGO ?NAZWISKO WZROST)

```

Reguła ta wyciąga wartości ze slotów ram KOBIETA i SZUKANA takie jak kolor oczu, włosów, wzrost a następnie o ile wszystkie te parametry pasują do siebie oprócz wzrostu tworzy asercję zawierającą nazwiska osób szukających się i cechę dla której się różnią, czyli nowy fakt.

## Proces tworzenia bazy wiedzy [1]

Podczas tworzenia bazy wiedzy inżynier wiedzy musi odpowiedzieć na następujące pytania:

- jakie obiekty należy zdefiniować?
- jakie są relacje między obiektami?
- jak należy formułować i przetwarzać reguły?
- czy pod względem rozwiązywania specyficznego problemu baza wiedzy jest kompletna i spójna?

## Rodzaje bazy wiedzy[1]

*Baza tekstów* w bazie tekstów występuje naturalna strukturalizacja zawartych informacji. Przykładem takiej bazy są słowniki zawierające ogólne informacje z danej dziedziny. Baza ta jest nie uporządkowana i w związku z tym operacje na niej mogą być wykonywane w sposób dowolny.

*Baza danych* przechowuje specyficzne, szczegółowe informacje, zapisane w sposób uporządkowany. Typ danych jest przeważnie numeryczny. Operacje wykonywane na tej bazie są zdeterminowane.

*Baza reguł* zawiera wiedzę o obowiązujących w wybranej dziedzinie zależnościach i jest najważniejszą częścią bazy wiedzy.

*Baza modeli* zawiera modele matematyczne danej dziedziny. Modele te są logiczno-matematycznym przedstawieniem pojęcia, systemu lub działań. Wyróżniamy trzy typy modeli: deterministyczne, niedeterministyczne, wartości oczekiwanych. *Model deterministyczny* jest analitycznym przedstawieniem pojęcia systemu lub działań, w którym dla danych wielkości wejściowych wyniki są określone jednoznacznie. *Model niedeterministyczny* lub *stochastyczny* to model, w którym powiązania funkcyjne zależą od wielkości losowych. Dla danych wielkości wejściowych wyniki mogą być jedynie przewidziane zgodnie z zasadami probabilistyki. Z kolei *model wartości oczekiwanych* to model, w którym wielkościom losowym zostały nadane ich wartości oczekiwane.

*Baza wiedzy zdroworozsądkowej* odzwierciedla potencjalne, racjonalne zachowania się człowieka. Zawiera ona reguły definiujące sposoby podejmowania decyzji, reprezentujące metawiedzę

systemu ekspertowego. *Metawiedza* stanowi wiedzę o wiedzy, czyli o sposobie przetwarzania wiedzy z danej dziedziny. Syntaktyka i semantyka metawiedzy jest obecnie najslabiej poznaną częścią systemu ekspertowego.

## Podział baz wiedzy [5]

### Baza elementarne dokładne

**Baza wiedzy jest elementarna** jeżeli:

- a) wniosek żadnej reguły nie występuje w postaci zanegowanej w liście warunków innej reguły oraz
- b) wniosek żadnej reguły nie występuje w postaci zanegowanej jako warunek startowy dowolnego modelu oraz
- c) wniosek żadnego modelu relacyjnego nie występuje w postaci zanegowanej jako warunek reguły

**Baza reguł jest dokładna**, jeżeli jej warunki i wnioski są zmiennymi logicznymi przyjmującymi dwie wartości: prawda lub nie prawda

### Bazy elementarne przybliżone

**Baza wiedzy jest elementarna** jeżeli:

- a) wniosek żadnej reguły nie występuje w postaci zanegowanej w liście warunków innej reguły oraz
- b) wniosek żadnej reguły nie występuje w postaci zanegowanej jako warunek startowy dowolnego modelu oraz
- c) wniosek żadnego modelu relacyjnego nie występuje w postaci zanegowanej jako warunek reguły

**Baza reguł jest przybliżona**, jeżeli jej reguły, warunki i wnioski mogą mieć różne stopnie pewności

### Bazy rozwinięte dokładne

**Baza wiedzy jest rozwinięta**, jeżeli:

- a) wniosek reguły występuje w postaci zanegowanej w liście warunków innej reguły, lub
- b) wniosek reguły występuje w postaci zanegowanej jako Warunek startowy modelu, lub
- c) wniosek modelu relacyjnego występuje w postaci zanegowanej jako warunek reguły

**Baza Reguł jest dokładna**, jeżeli jej reguły i wnioski mogą być albo prawdą albo nieprawdą.

### Bazy rozwinięte przybliżone

**Baza reguł jest rozwinięta**, jeżeli:

- a) wniosek reguły występuje w postaci zanegowanej w liście warunków innej reguły, lub
- b) wniosek reguły występuje w postaci zanegowanej jako Warunek startowy modelu, lub
- c) wniosek modelu relacyjnego występuje w postaci zanegowanej jako warunek reguły

**Baza Reguł i Baza Modeli są przybliżone**, jeżeli reguły, modele, wnioski i warunki mogą mieć różne współczynniki pewności.



## **Sterowanie dialogiem**

Dla umożliwienia sterowania dialogiem z użytkownikiem w sposób zbliżony do naturalnego języka można wyposażyć system ekspertowy w słownik. Słownik powinien zawierać dostatecznie dużo wyrazów, aby wypowiedzi systemu były w miarę zrozumiałe. W bardziej rozbudowanych systemach można nawet wybierać język komunikacji, zatem taki system byłby pożytkiem nawet dla osób, które nie znają języka narodowego twórców systemu ekspertowego. Odpowiedzi i pytania w ww. systemach składane są ze stałych fragmentów tekstów przypisanych odpowiednim regułom oraz ze słów pochodzących z słownika o którym wspominałem.

## **Układ objaśniania na podstawie systemu**

Układ objaśniający ma za zadanie odpowiedzieć jak i dlaczego mówi które reguły zostały użyte i ile razy. UO rozpoczyna działanie po zadaniu pytania przez użytkownika.

Pytania dotyczyć mogą:

- reguł działania – mogą to być pytania nie związane z dialogiem dotyczące treści reguł, reguł spełniających podany warunek lub też mogą to być pytania związane z przebiegiem dialogu dotyczące reguł użytych przez program w po to by uzyskać odpowiedź.
- danych stałych i zmiennych – pytania o występowanie określonych zależności (relacji) między danymi, pytania o proponowane odpowiedzi na podstawie zadanego pytania przez użytkownika, pytania o wyjaśnienie przyczyn zadawania pytań przez program

Odpowiedź układu objaśniającego ustalana po przeszukaniu baz wiedzy lub baz danych wg zadanych słów kluczowych, następnie jest ona składana z pewnych standardowych fragmentów tekstów przechowywanych przez system w celu udzielenia w miarę ludzkiej i zrozumiałej odpowiedzi [2].

## **Układ aktualizacji i przebudowy bazy wiedzy**

Wykrycie błędów w działaniu systemu, spowodowanych niewłaściwie wykonaną bazą wiedzy, powoduje konieczność dokonania w niej zmian. Jednakże usunięcie jednej pomyłki może spowodować następną. Aby uniknąć takiej sytuacji, jest stosowana kontrola poprawności semantycznej i automatyczne testowanie. Najpierw bada się, jaki typ reguły będzie najlepiej korygował błędne działanie systemu. Następnie jest tworzony pewien model nowej reguły i zostaje wypróbowany w wielu wariantach. Wersja najlepiej pasująca do bazy danych zostaje przyjęta. Cały ten proces odbywa się w trybie konwersacji z inżynierem wiedzy. Po przyjęciu zmodyfikowanej wersji reguły system rozwiązuje jeszcze raz zadanie, w trakcie którego został wykryty błąd, aby sprawdzić poprawność przyjętej modyfikacji. Inżynier wiedzy decyduje o ostatecznym przyjęciu rozwiązania [1].

Podobną sytuację obserwujemy w innych systemach. Układ aktualizacji umożliwia modyfikowanie zbioru reguł oraz jego uzupełnianie nowymi regułami. Najczęściej potrzeba aktualizacji występuje, gdy okazuje się, że istniejąca reguła jest niepoprawna (zła) lub w ogóle gdy brakuje takiej reguły. Ustala się na podstawie prowadzonego dialogu z użytkownikiem treść nowej reguły, następnie sprawdza się poprawność reguły przed wprowadzeniem jej do bazy wiedzy. Sprawdzane jest, czy ta nowa reguła nie koliduje z faktami dotychczas przechowywanymi w bazie wiedzy [2].

## Literatura

1. Jan J. Mulawka *Systemy ekspertowe* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne Warszawa 1996.
2. Cholewa W. *Systemy doradcze* Skrypt Politechnika Śląska.
3. Materiały wykładowe.
4. Joanna Chromiec, Edyta Strzemieczna - *Sztuczna Inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich* Warszawa 1994, Akademicka oficyna Wydawnicza

## INTERNET:

5. <http://www.ekspert.wsi.edu.pl/pl/terminologia/termin.php3> (01.21.2003)
6. <http://www.pckurier.pl/archiwum/art0.asp?ID=2687> (01.21.2003)