

XI OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA TEORII MASZYN
I MECHANIZMÓW11th POLISH CONFERENCE ON THE THEORY OF MACHINES
AND MECHANISMS

27—30. 04. 1987 ZAKOPANE

Wojciech CHOLEWA

Instytut Mechaniki
i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Politechnika Śląska

ISTOTA DZIAŁANIA AUTOMATYCZNYCH SYSTEMÓW DORADCZYCH

Streszczenie. Celem opracowania jest zwięzłe opisanie istoty działania automatycznego systemu doradczego, to jest "inteligentnego programu komputerowego stosującego wiedzę i procedury wnioskowania do rozwiązywania takich złożonych problemów, które wymagają udziału eksperta wtedy, gdy rozwiązywane są przez człowieka" [E. Feigenbaum]. System doradczy składa się z bazy wiedzy, bazy danych oraz banku heurystyk. Baza wiedzy jest zbiorem reguł "jeżeli ... to ..." oraz faktów zapisywanych za pomocą trójek (obiekt, nazwa cechy, wartość cechy), sieci semantycznych lub ram. Interpretator reguł realizuje wnioskowanie progresywne lub regresywne, używając odpowiedniej strategii dla wyboru uwzględnianych reguł. Dużę znaczenie ma sposób zapisu niepewnych i/lub niedokładnych reguł i faktów, które są pozyskiwane od ekspertów i nie mogą być w pełni zweryfikowane. Stosowane jest postępowanie polegające na przyporządkowaniu jakiegoś stopnia pewności takim regułom i faktom. Szczególnie interesujące są metody rozumowania przybliżonego, uwzględniające miary możliwości, konieczności i dostateczności.

1. Wstęp

Wprowadzenie automatycznych systemów doradczych stanowiło jakościową zmianę w sposobach formułowania zadań dla informatyki. Na badania związane z tymi systemami przeznaczane są w skali światowej ogromne nakłady finansowe. Istniejąca obecnie literatura dotycząca systemów doradczych jest bardzo liczna. Do ważniejszych publikacji przeglądowych zawierających ogólne informacje należy zaliczyć [1], [2], [3], [4]. Zakres zastosowań systemów doradczych stale wzrasta. Ich skuteczne zastosowanie w diagnostyce medycznej upoważnia do stwierdzenia, iż znajdują one również zastosowania w diagnostyce technicznej. Stwierdzenie to stanowiło podstawę podjęcia pracy [5].

Systemy doradcze określane są w tekstach angielskich terminem "expert systems". Poszukując adekwatnego terminu w języku polskim rozpatrywano trzy nazwy: "systemy ekspertowe" (nazwa spotykana w niektórych publikacjach), "systemy rzeczoznawcze" oraz "systemy doradcze". Biorąc pod uwagę funkcję, jaką pełnią te systemy, a w szczególności to, że nie zastępują one, lecz jedynie wspomagają działanie człowieka, postanowiono stosować nazwę "systemy doradcze".

2. Przeznaczenie systemów doradczych

Porównując historię rozwoju różnych dyscyplin naukowych należy stwierdzić, że największą dynamiką rozwoju cechują się te dyscypliny, w których istnieje możliwość porządkowania wiedzy i formułowanie ogólnych teorii. Jednocześnie można wskazać liczną grupę dziedzin charakteryzujących się dużym rozproszeniem wiedzy. Kształcenie w zakresie zjawisk i prawidłowości dziedzin nie posiadających należycie uzasadnionych teorii uogólniających wiedzę jest trudne. Uzyskanie odpowiedniego stopnia kompetencji wymaga długotrwałego, indywidualnego gromadzenia doświadczeń. Rozpatrując czynniki utrudniające kształcenie, należy ponadto wyróżnić grupę dziedzin, które wykorzystują wiedzę zgromadzoną w zakresie wielu istotnie różnych dyscyplin. Przykładem takiej interdyscyplinarnej dziedziny, posiadającej jednocześnie cechy dziedziny rozproszonej, jest diagnostyka techniczna.

Dla wspomagania prac badawczych prowadzonych w zakresie dziedzin rozproszonych celowe jest stosowanie automatycznych systemów doradczych. Szczególną cechą takich systemów jest ich zdolność do gromadzenia wiedzy w postaci zbiorów izolowanych faktów oraz reguł bez konieczności jednoznacznego formułowania ogólnych twierdzeń lub hipotez. Prace dotyczące systemów doradczych zainicjowane zostały w Stanford University i rozwijane były głównie w takich ośrodkach, jak Carnegie-Mellon University, MIT oraz SRI. Ich celem było umożliwienie wspomaganie procesów podejmowania decyzji, zwłaszcza w tych (często spotykanych w praktyce) przypadkach, gdy decydent dysponuje bardzo obszernym, lecz niekompletnym, niepewnym i czasami sprzecznym zbiorem danych. Aktualnie, między innymi ze względu na możliwości stworzone przez technikę komputerową, zainteresowanie tymi układami jest duże. Zwięzłe opisy wybranych systemów doradczych zamieszczono w [5] i [6]. Znajdują one zastosowanie głównie w diagnostyce medycznej, interpretacji wyników pomiarów (np. geologia, chemia), nadzorowaniu działania złożonych obiektów (siłownie jądrowe, roboty), wspomaganiu prac projektowo-konstrukcyjnych, kompletowaniu złożonych układów (sprzęt komputerowy, aparatura pomiarowa), przeprowadzaniu analiz ekonomicznych, automatycznym dowodzeniu twierdzeń.

3. Istota działania systemów doradczych

Początkowo (w latach sześćdziesiątych) wspomaganie procesu podejmowania decyzji formułowano jako zadanie poszukiwania optymalnego rozwiązania w zadanym zbiorze rozwiązań dopuszczalnych (możliwych). Większość badań dotyczyła poprawy numerycznej efektywności algorytmów wyszukiwania w rozpatrywanym zbiorze elementów, dla których określona funkcja kryterialna osiąga wartości ekstremalne. Przykładem znaczących osiągnięć w zakresie optymalizacji takich algorytmów są liczne prace związane z automatycznym grupowaniem i klasyfikacją obiektów (np. [7]). Algorytmy określane były jako "algorytmy uniwersalne", w których pole możliwych rozwiązań rozpatrywano jako przestrzeń wielowymiarową bez uwzględnienia informacji o występujących w rzeczywistości relacjach między wielkościami fizycznymi odpowiadającymi osiom tej przestrzeni. Stwierdzono, że postępowanie takie napotyka na szereg ograniczeń wynikających głównie z dopuszczalnych wielkości pola możliwych rozwiązań oraz z dopuszczalnych czasów wykonywania obliczeń.

Poważnym przełomem w sposobie rozwiązywania omawianych zadań było zastosowanie algorytmów nazywanych heurystykami, prowadzących do rozwiązania za pomocą ciągu działań ustalanych za pomocą reguł, wynikających z wiedzy o obiektach badań oraz uwzględniających umiejętności specjalistów (ekspertów) z rozpatrywanej dziedziny. Termin "heurystyka" określa niekompletną metodę rozwiązywania zadania, dla którego zdeterminowana strategia postępowania nie jest znana. W wielu przypadkach przeprowadzenie pełnego dowodu poprawności heurystyk nie jest możliwe. Celowość ich użycia uzasadnia się skutecznością algorytmu sprawdzonego dla wybranych przykładów z jednoczesnym zastrzeżeniem, że dopuszcza się możliwość istnienia przykładu, dla którego heurystyka będzie działać nieskutecznie lub nawet błędnie.

Istotą systemów doradczych jest wykorzystywanie (podczas poszukiwania rozwiązania) pewnego zasobu wiedzy dotyczącej dziedziny obejmującej rozwiązywane zadanie, dzięki której system doradczy jest zdolny do wnioskowania o zalecanej strategii własnego działania.

4. Elementy systemów doradczych

Systemy doradcze są programami komputerowymi przeznaczonymi do wspomaganie rozwiązywania zadań określonej (wąskiej) dziedziny, składającymi się w większości z następujących, głównych elementów:

- "Baza wiedzy", czyli zbiór podstawowych informacji o dziedzinie.
- "Bank heurystyk", czyli zbiór procedur wnioskowania umożliwiających stosowanie informacji o dziedzinie podczas rozwiązywania zadania.

- "Baza danych", czyli zbiór informacji dotyczących rozwiązywanego zadania, zakładany i uzupełniany przez użytkownika za pomocą procedur sterujących dialogiem oraz przekształcany (modyfikowany) przez procedury wnioskowania zawarte w banku heurystyk na podstawie informacji o dziedzinie zapisanych w bazie wiedzy. W bazie danych wyróżnia się dane quasi-statyczne, które dotyczą pewnej grupy rozwiązywanych zadań (np. dane o lokalizacji i konstrukcji maszyn w zakładzie) oraz dane dynamiczne zmieniające się w czasie rozwiązywania zadania (np. ocena aktualnego stanu technicznego jakiejś maszyny).
- "Procedury sterujące dialogiem" (tzw. procedury wejścia/wyjścia) umożliwiające komunikację programu z użytkownikiem (w języku zrozumiałym dla użytkownika), a w szczególności umożliwiające formułowanie zadania przez użytkownika i przekazywanie rozwiązania przez program.

Zakłada się, że system doradczy powinien ponadto posiadać:

- zbiór procedur przeznaczonych do informowania użytkownika o sposobie wnioskowania oraz umożliwiających uzasadnianie poprawności wyznaczonego rozwiązania, jak również celowości zadawanych pytań,
- zbiór procedur umożliwiających rozszerzenie oraz modyfikację bazy wiedzy, co pozwala na występowanie użytkownika w roli nauczyciela systemu doradczego.

Wymaga się, aby zapis informacji o dziedzinie (czyli reprezentacja wiedzy) był prosty, kompletny (wyczerpujący), zwięzły, zrozumiały i wyraźny (tzn. nie zawierający elementów domyślnych i wieloznacznych). Dla uproszczenia sposobu korzystania z zapisu powinien on ujawniać występujące ograniczenia. Baza wiedzy jest określana głównie na podstawie opinii specjalistów. Można pokazać liczne przykłady działających układów doradczych (MACSYMA, INTERNIST, ...), w których wiedza o dziedzinie została "w pełni" uwzględniona już w fazie układania programu i w których baza wiedzy nie występuje jako oddzielny, niezależny element programu komputerowego. Nie kwestionując znaczenia i skuteczności takich rozwiązań należy stwierdzić, że w chwili obecnej zapisywanie informacji o dziedzinie w postaci oddzielnego "banku" jest postępowaniem standardowym. Zaletą takiego postępowania jest możliwość prostej modyfikacji treści tego banku, co w przypadku innych rozwiązań jest czynnością bardzo złożoną i wymagającą najczęściej modyfikacji samego programu - czyli jest działaniem niewykonalnym przez użytkownika systemu doradczego.

Sposoby wnioskowania oraz techniki zapisu wiedzy są jedynie częściowo uzależnione od specyfiki rozpatrywanych zadań, co oznacza, że nie muszą być one indywidualnie ustalane dla każdej dziedziny. Formalizacja technik zapisywania wiedzy jest tematem trudnym, który do chwili obecnej nie znalazł dostatecznie ogólnego rozwiązania. Do najczęściej stosowanych (w systemach doradczych) technik zapisywania wiedzy (technik organizowania baz wiedzy) należy zaliczyć: zapis stwierdzeń, zapis reguł, sieci semantyczne, ramy, rachunek predykatów.

Jednym z głównych elementów bazy wiedzy są zbiory stwierdzeń (faktów) opisujących to, co zaszło lub zechodzi w rzeczywistości. Dotyczą one zdażeń, zjawisk, objawów, czynów, określonych stanów rzeczy itp. Stwierdzenie, że "obiektowi O przysługuje atrybut C o nazwie NC i wartości WC" zapisywane jest w postaci następującej trójki uporządkowanej $\langle O, NC, WC \rangle = \langle \langle \text{OBIEKT} \rangle, \langle \text{NAZWA CECHY} \rangle, \langle \text{WARTOŚĆ CECHY} \rangle \rangle$. Obiektem może być dowolny konkret (rzecz) lub abstrakt (pojęcie). Para elementów $\langle \text{NAZWA CECHY} \rangle, \langle \text{WARTOŚĆ CECHY} \rangle$ jest zapisem wybranej własności lub właściwości obiektu. Wartość cechy może być elementem dowolnego typu (np. 13, tak, prawy, ...). Dla umożliwienia zapisywania hipotez, przypuszczeń itp., czyli dla umożliwienia zapisywania stwierdzeń niepewnych, każdej trójce $\langle O, NC, WC \rangle$ może zostać przypisany stopień pewności SP [8], co prowadzi do czwórki $\langle O, NC, WC, SP \rangle$. W większości znanych systemów doradczych elementy OBIEKT oraz NAZWA CECHY nie są zmieniane podczas realizacji procesu wnioskowania. Zmieniane są wyłącznie WARTOŚĆ CECHY oraz STOPIEŃ PEWNOŚCI.

Zapisywanie stwierdzeń bez informacji o relacjach występujących między obiektami utrudnia, a w pewnych przypadkach uniemożliwia przeprowadzenie skutecznego wnioskowania. Dla opisywania takich relacji stosowane są sieci semantyczne (np. [9]). Wygodną formą zapisu takich sieci są tzw. ramy [10]. Zaletą ram (w porównaniu z innymi sposobami zapisu sieci semantycznych) jest to, że umożliwiają one zapisywanie zarówno wiedzy o charakterze deklaratywnym, jak i proceduralnym. Rama jest strukturą złożoną z klatek identyfikowanych przypisanymi im nazwami oraz przeznaczonymi do przechowywania deskryptorów obiektu opisywanego ramą. Deskryptorami mogą być na przykład wartości cech obiektu lub relacje tego obiektu z innymi obiektami. Z ramą związane są procedury inicjowane w chwili pobierania wartości z klatki oraz w chwili modyfikowania wartości w klatce. Rozwiązanie takie upraszcza programy korzystające z bazy wiedzy, "zwalniając" na przykład te programy z obowiązku szczegółowej weryfikacji danych wprowadzanych do bazy. Dla podkreślenia tego, że procedury związane z ramą uruchamiane są "w razie potrzeby", bez szczegółowych poleceń programu sterującego, nazywa się je często demonami.

Zbiory stwierdzeń nie wystarczają do opisanie wiedzy. Dodatkowym elementem występującym w bazach wiedzy są zbiory reguł, zapisywanych następująco

REGUŁA: jeżeli PRZESŁANKA
to KONKLUZJA.

Przesłanka jest wyrażeniem złożonym z prostych zdań logicznych połączonych funktorami "i", "lub". Określa ona warunki, których spełnienie pozwala na przyjęcie konkluzji. Warunki w regułach określane są dla trójek $\langle O, NC, WC \rangle$ lub czwórek $\langle O, NC, WC, SP \rangle$. Ponieważ reguły zapisywane w bazie wiedzy dotyczyć mogą pewnych twierdzeń ogólnych sprawdzających się

jedynie w większości przypadków (lecz nie zawsze), celowe jest postępowanie polegające na określaniu stopnia pewności reguły, a dokładniej stopnia pewności stwierdzenia będącego konkluzją reguły.

Zo względu na potrzeby występujące w systemach doradczych dokonano uogólnienia opisanego wyżej pojęcia reguły. Uogólnienie polega na przyjęciu, że konkluzja reguły jest opisem pewnego działania a nie stwierdzeniem. Tak określoną regułę nazywa się regułą działania. Należy ją interpretować jako przepis poprawnego postępowania, któremu nie przysługuje żadna wartość logiczna. To pozornie drobne uogólnienie pozwala na znaczne rozszerzenie zakresu możliwych zastosowań reguł. W szczególności umożliwia ono formułowanie reguł dotyczących przebiegu procesu wnioskowania, to znaczy umożliwia zapis strategii tego procesu (tzw. metareguły).

Wybór techniki zapisywania wiedzy uzależniony jest od wielu czynników, z których do najważniejszych należy zaliczyć rodzaj wiedzy wymaganej dla poprawnego działania systemu oraz niezbędną wielkość bazy wiedzy. Szczególna uwaga zwracana jest na unikanie redundancji (nadmiarowości) informacji w tej bazie. W większości zastosowań wymienione wyżej techniki zapisu wiedzy nie występują w izolacji od pozostałych. Stosowane są różne wywodzące się z nich techniki mieszane.

Szczególnym rodzajem systemów doradczych są tzw. metasystemy doradcze (ang. shell expert systems). Są to programy komputerowe umożliwiające generowanie systemów doradczych. Możliwość tworzenia metasystemów doradczych wynika z opisanej struktury systemu doradczego, w którym jako wyraźnie oddzielne elementy występują:

- zbiór informacji o dziedzinie (stwierdzenia, reguły),
- ogólny, niezależny od dziedziny "mechanizm" wnioskowania.

Generowanie systemu doradczego za pomocą metasystemu polega na określeniu zbioru informacji o dziedzinie. Należy zwrócić uwagę, że przyjęta struktura programu będącego systemem doradczym stanowi jakościową zmianę w zakresie programowania komputerów, ponieważ we wcześniej opracowywanych programach informacje o dziedzinie były uwzględniane w fazie ustalania algorytmu wnioskowania, czego skutkiem był brak praktycznej możliwości prostej adaptacji programu opracowanego w ramach jednej dziedziny do zastosowań w innej (odmiennej) dziedzinie.

5. Informacje niepewne i niedokładne

Dostępne dla systemu doradczego informacje są wynikiem działalności myślowej człowieka oraz realizacji jakiegoś procesu poznania. Jako takie informacje te są niepewne, ważne, niedokładne i/lub rozmyte. Działanie systemu doradczego określane jest za pomocą reguł obowiązujących jedynie w większości przypadków (tzn. nie we wszystkich przypadkach). Sposoby uwzględniania wymienionych "niepewności" oraz "niedokładności" są tematem

licznych prac dotyczących tzw. rozumowania przybliżonego. Nie opracowano jednak metody ogólnej, która byłaby przyjmowana powszechnie przez konstruktorów takich systemów. Często stosowanym rozwiązaniem jest wprowadzenie stopnia pewności [8], [11]. Stopień pewności jest liczbą rzeczywistą z przedziału $[0,1]$ przypisaną każdemu stwierdzeniu. Wartość 1.0 oznacza stwierdzenia w pełni prawdziwe, a wartość 0.0 oznacza stwierdzenia w pełni fałszywe. W podobny sposób stopień pewności może być przyporządkowany regułom.

Opierając się wyłącznie na rozważaniach heurystycznych [11] można przyjąć następujące zasady wykonywania działań na stopniach pewności:

- Stopień pewności przesłanki będącej koniunkcją kilku stwierdzeń jest równy minimalnej wartości stopni pewności tych stwierdzeń. Przyjęcie takiej zasady tłumaczone jest za pomocą modelu łańcucha, którego wytrzymałość jest zależna od wytrzymałości najsłabszego ogniwa.
- Reguły rozpatrywane są jako "układy wzmacniające" o wzmacnieniu (nie większym od 1:0) równym stopniowi pewności reguły. Na wejściu tych "układów" występuje stopień pewności przesłanki, a na wyjściu stopień pewności konkluzji.
- Jeżeli jakęś konkluzję otrzymano w wyniku zastosowania kilku niezależnych reguł, to jej stopień pewności jest maksymalną wartością stopni pewności konkluzji tych reguł.

Opisane zasady wykonywania działań na stopniach pewności mogą być przyczyną szeregu intuicyjnych wątpliwości. Główna wątpliwość związana jest z utożsamianiem w tym podejściu wartości logicznej stwierdzenia (prawda, fałsz) z jego stopniem pewności. Opisany sposób uwzględniania propagacji niepewności przez reguły prowadzi do utożsamiania pojęć "niepewny" i "fałszywy". Do bardziej poprawnych (zdaniem autora) metod jednoczesnego uwzględniania niepewności i niedokładności stwierdzeń oraz reguł należy zaliczyć metody rozpatrujące stwierdzenia jako zbiory lub wartości rozmyte, a reguły jako relacje rozmyte [12], [13]. Metody te umożliwiają między innymi rozpatrywanie dolnych i górnych ograniczeń stopni wiarygodności stwierdzeń [14]. Uwzględniając definicje przyjęte w logice modalnej zakładające, że "A jest konieczne wtedy i tylko wtedy, gdy nie jest możliwe $\neg A$ ", wprowadzono miary konieczności i możliwości stwierdzenia A. Postępując podobnie można przyjąć [15], że dla opisu reguły przybliżonej wymagana jest znajomość jej stopnia konieczności oraz stopnia dostateczności. Miara dostateczności określa stopień, w jakim wystarcza przesłanka w pełni prawdziwa na to, by konkluzja mogła być uznana jako prawdziwa. Analogicznie miara konieczności reguły określa stopień, w jakim będzie konieczne prawdziwa przesłanka, wtedy gdy konkluzja jest prawdziwa. Istnieje możliwość (np. [15]) modyfikacji klasycznych schematów wnioskowania (modus ponens, modus tollens) do postaci pozwalającej na uwzględnienie miar możliwości i konieczności stwierdzeń oraz miar dostateczności i ko-

nieczności reguł. Dokładniejsze opisanie metod rozumowania rozmytego nie jest możliwe ze względu na ograniczoną objętość niniejszego opracowania.

6. Procedury wnioskowania

Zbiory reguł są w większości działających systemów doradczych zbiorami licznymi. Ich stosowanie do przekształcania banku danych wymaga odpowiedniej strategii postępowania. Najprostszym sposobem wnioskowania (wnioskowanie progresywne) jest postępowanie polegające na wyznaczeniu konkluzji ze znanych przesłanek za pomocą uwzględnianej reguły, a następnie rozpatrywanie tej konkluzji jako przesłanki dla kolejnej reguły, itd. Niedogodnością takiego postępowania jest konieczność badania w kolejnych krokach konkluzji kroków poprzednich, co prowadzić może do "lawinowego" wzrostu koniecznych do rozpatrzenia przesłanek. Działaniem odwrotnym (wnioskowanie regresywne) jest postępowanie polegające na wyznaczeniu przesłanek z zakładanych konkluzji (mających wtedy znaczenie hipotez) za pomocą uwzględnianej reguły, a następnie rozpatrywanie tych przesłanek jako konkluzji kolejnych reguł. Niedogodnością takiego postępowania jest to, że w przypadku rozpatrywania przesłanek w postaci iloczynu logicznego występuje szybki wzrost liczby analizowanych przesłanek, z których każda musi być badana indywidualnie. Działający regresywnie interpretator reguł w systemie doradczym musi uwzględniać możliwość występowania badanej hipotezy jako konkluzji kilku niezależnych reguł. Brak jest ogólnej teorii umożliwiającej optymalizację wyboru sposobu działania (progresywny/regresywny) interpretatora reguł. Stwierdza się jedynie [11], że ze względu na czas analizy działanie regresywne jest zalecane wtedy, gdy zadania polega na weryfikacji jednej określonej hipotezy. Poważnym, dodatkowym utrudnieniem jest konieczność zabezpieczenia realizowanego przez system doradczy procesu wnioskowania przed skutkami konfliktów wywołanych tym, że wynikiem działań mogą być między innymi zmiany wartości logicznych warunków wykonywanych reguł.

Obie opisane metody postępowania należy uznać za nieodpowiednie wtedy, gdy łańcuch relacji niezbędnych do przekształcenia znanej przesłanki w poszukiwaną (badaną) konkluzję końcową jest długi. W takich przypadkach proponuje się zastosowanie metody mieszanej. Metoda taka stosowana jest jednak (ze względu na niezbędną złożoność programu) jedynie w nielicznych systemach doradczych (np. system MOLGEN).

Dla zwiększenia skuteczności procedur wnioskujących celowe jest dokonywanie podziału rozpatrywanego zadania na podzadania. Jest to jednak związane z dodatkowymi utrudnieniami wynikającymi z istnienia w praktyce powiązań między takimi podzadaniami.

7. Działania objaśniające

Ważną cechą dużej liczby systemów doradczych jest ich zdolność do odpowiadania na pytania użytkownika. Pytania dotyczyć mogą:

- reguł działania
 - pytania ogólne nie związane z przebiegiem dialogu, dotyczące treści określonych reguł, reguł spełniających podany warunek, ...
 - pytania związane z przebiegiem dialogu, dotyczące reguł używanych przez program do wyznaczenia wniosków,
- danych stałych i zmiennych
 - pytania o występowanie określonych zależności (relacji) między danymi,
 - pytania dotyczące znaczenia terminów stosowanych przez system doradczy w dialogu z użytkownikiem,
 - pytania o wyjaśnienie przyczyn zadawania określonych pytań przez system doradczy.

Odpowiedź systemu ustalana jest w wyniku przeszukania bazy wiedzy i/lub baz danych według zadanych słów kluczowych. Następnie jest ona składowana z pewnych standardowych fragmentów tekstów. Dla umożliwienia szybko i celowo uzasadniania poprawności uzyskanych wyników oraz celowości zadawanych pytań (przez system) wskazane jest pamiętanie przez system doradczy tzw. śladu procesu wnioskowania.

Należy zwrócić uwagę na to, że system doradczy może objaśniać swoje działanie wyłącznie w zakresie informowania o przebiegu realizowanego procesu wnioskowania. System taki nie może sprawdzać poprawności zapisanych w bazie wiedzy reguł.

LITERATURA

- [1] HARMON P., KING D.: Expert systems. J. Wiley & Sons, NY 1985.
- [2] Künstliche Intelligenz und Expertensysteme. Savory S.E. (ed). Oldenbourg Verlag. München 1985.
- [3] WEISS S.M., KULIKOWSKI C.A.: A Practical Guide to Design Expert Systems. Rowman & Allanheld Publ., New Jersey 1984.
- [4] Artificial Intelligence in Medicine. Szolovits P. (ed). Westview Press, Boulder CO, 1982.
- [5] CHOLEWA W., CHODASEWICZ W., KAŻMIERCZAK J.: Analiza stanu wiedzy na temat systemów rzeczoznawczych. Instytut Mechaniki i PKM Politechniki Śląskiej 1986. Raport z I etapu badań - temat CPBP/02.03/3.15 (maszynopis).
- [6] CHOLEWA W.: Automatyczne układy i metaukłady doradcze. Materiały I Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej "Diagnostyka Techniczna Urzędzeń i Systemów", Kielce-Sielpie 1986, t. 2, s. 47-56.
- [7] DUDA R.O., HART P.E.: Pattern Classification and Scene Analysis. J. Wiley & Sons. New York 1973. (istnieje tłumaczenie na język rosyjski: MIR, Moskwa 1976).

- [8] SHORTLIFFE E.H.: Computer-Based Medical Consultations. American Elsevier, New York 1976.
- [9] SHASTRI L., FELDMAN J.A.: Evidential Reasoning in Semantic Networks - A Formal Theory. Proc. of the 9th IJCAI 1985, s. 465-474.
- [10] MINSKY M.: A Framework for Representing Knowledge. [W:] Winston P.H. (ed) The Psychology of Computer Vision. Mc Graw-Hill, New York 1975, s. 211-277.
- [11] WINSTON P.H.: Artificial Intelligence. Addison-Wesley, Massachusetts 1984.
- [12] ZADEH L.A.: Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy Sets and Systems 1 (1978) 3, s. 3-28.
- [13] PRADE H.: A synthetic view of approximate reasoning techniques. Proc. of the 8th IJCAI (1983), s. 130-136.
- [14] SHAFER G.: A Mathematical Theory of Evidence. Princeton University Press, London 1976.
- [15] LEBAILLY J., MARTIN-CLOUAIRE R., PRADE H.: Use of fuzzy logic in a rule-based system in petroleum geology. Artificial Intelligence - Applications of Quantitative Reasoning. E. Sanchez, L.A. Zadeh (eds) Pergamon Press 1986 (w druku).

ОСНОВЫ ДЕЙСТВИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Резюме

В работе представлено краткое описание сущности действия автоматической экспертной консультативной системы, то есть "интеллектуальной программы для вычислительной машины, применяющей знание и процедуры делания выводов для решения таких сложных задач, которые требуют участия эксперта тогда, когда они решаются человеком" (E. Feigenbaum). Экспертная система содержит базу знаний, базу данных и механизм рассуждения. База знания является множеством правил "если ... то ..." и фактов, записанных при помощи упорядоченных троек <объект, название признака, значение признака>, семантических сетей или так называемых рамок. Интерпретатор правил проводит выводы вперед или назад при помощи подходящей стратегии для выбора принимаемых во внимание правил. Большое значение имеет метод записи ненадежных и/или неточных правил и фактов, которые приняты от экспертов без возможности полной проверки их корректности. Применяется процедура, заключающаяся в введении некоторой степени надежности правил и фактов. Особенно интересны методы неточного рассуждения, учитывающие меры возможности, необходимости и достаточности.

BASIC CONCEPTS OF EXPERT SYSTEMS

Summary

The intent of this paper is to introduce briefly the basic concepts and techniques of rule-based expert system, i.e. "an intelligent computer program that uses knowledge and inference procedures to solve problems that are difficult enough to require significant human expertise for their solution" [E. Feigenbaum]. An expert system consists of the knowledge base, data base and an inference engine. The knowledge base is a set of "if ... then ..." rules and facts represented by <object, attribute, value> triples, semantic networks or frames. The rule interpreter uses forward and/or backward chaining reasoning method, and a special control strategy for deciding which rule to apply. Of great importance is the representation of imprecise and/or uncertain facts and rules, that are obtained by interviewing human experts and are only partially supported by the available evidence. One approach is to attach certainty factors to rules and facts. Particularly attractive are methods of approximate reasoning taking into account measures of possibility, necessity and sufficiency.

Recenzent: Doc. dr inż. Wojciech Tarnowski

Wpłynęło do redakcji: 17.XI.1986 r.