

Zbigniew BUCHALSKI

Politechnika Wrocławska, Instytut Informatyki, Automatyki i Robotyki

WYKORZYSTANIE SYSTEMU EKSPERTOWEGO DO INFORMATYCZNEGO WSPARCIA PROCESU DORADCZO-DECYZYJNEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono pewną koncepcję systemu ekspertowego o nazwie ENERGEX wspomagającego proces doradczo-decyzyjny w przedsiębiorstwie branży ciepłowniczej. Podano podstawowe cele i założenia budowy oraz opis funkcjonowania tego systemu. Wiedza zgromadzona w bazie wiedzy systemu reprezentowana jest przez reguły i fakty. Przedstawiono strukturę bazy wiedzy, mechanizm akwizycji wiedzy oraz przebieg procesu wnioskowania.

Słowa kluczowe: system ekspertowy, bazy wiedzy, systemy wspomaganie decyzji

EXPERT SYSTEMS APPLICATION TO THE COMPUTER SUPPORTING OF ADVISORY-DECISION PROCESS

Summary. This article presents certain concept of expert system, called ENERGEX, which supports advisory-decision process in thermal energy distribution company. Fundamental establishments of system's construction and functional description of that system is presented. Knowledge gathered in system's knowledge base is formed as rules and facts. This paper presents knowledge base structure, knowledge acquisition process and course of reasoning process.

Keywords: expert system, knowledge bases, decision supporting systems

1. Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach postęp technologiczny, a przede wszystkim gwałtowny rozwój informatyki, w tym systemów informatycznych, staje się niemal nieodzowną częścią wielu gałęzi przemysłu czy dziedzin życia. W sytuacji dużej konkurencji na rynku staje się oczy-

wisty jest fakt, że sukces mogą odnieść wyłącznie te firmy czy instytucje, które potrafią lepiej i sprawniej niż inne podjąć w porę odpowiednie decyzje.

Proces podejmowania decyzji jest zorganizowanym, realizowanym na zasadzie algorytmu zestawem czynności, którego zadaniem jest precyzyjne określenie warunków i ograniczeń sytuacji decyzyjnych oraz dokonanie wyboru optymalnego wariantu. Sprawność i skuteczność podejmowania decyzji jest kluczowym czynnikiem sukcesu każdego przedsięwzięcia. Istotną rolę w procesie podejmowania decyzji odgrywają inteligentne systemy decyzyjne w postaci systemów ekspertowych [2, 4, 5, 6, 7, 8]. Systemy ekspertowe znalazły powszechne zastosowanie praktyczne, a zadaniem ich jest gromadzenie wiedzy z danej dziedziny, a następnie udzielanie odpowiedzi na pytania wprowadzane przez użytkownika do systemu ekspertowego [1, 3, 9].

Systemy ekspertowe potrafią doskonalić się na podstawie wiedzy zawartej w bazie wiedzy tych systemów, czyli są systemami samouczącymi się. Pozyskiwanie wiedzy do bazy wiedzy jest procesem bardzo pracochłonnym i budowa systemu ekspertowego ma sens wówczas, gdy będzie on wykorzystywany przez długi okres i przez wielu użytkowników.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie pewnej koncepcji systemu ekspertowego o nazwie ENERGETEX wspomagającego proces dystrybucji energii cieplnej. System ten ma za zadanie wspomóc decydenta przedsiębiorstwa ciepłowniczego w rozwiązywaniu w różnych problemach dotyczących działalności tego przedsiębiorstwa, aby określić sposób obniżenia kosztów wyprodukowania jednostki energii cieplnej, przy uwzględnieniu poszczególnych czynników wpływających na zysk przedsiębiorstwa.

2. Charakterystyka branży ciepłowniczej

Jeszcze do niedawna rynek energii cieplnej w Polsce był w przeważającej mierze rynkiem monopolistycznym. Obecnie każdy potencjalny klient, który potrzebuje energii cieplnej, ma do wyboru wiele sposobów i rodzajów jej pozyskiwania. Występuje zatem, z korzyścią dla klienta, konkurencja między przedsiębiorstwami energetycznymi a dostawcami różnych rodzajów paliw.

Ze względu na coraz większe wymagania odbiorców ciepła, jak i wymagania związane z ochroną środowiska, stało się konieczne inwestowanie w nowoczesne elementy ciepłownictwa. Duże zakłady ciepłownicze dążą do tego, aby dołączyć do swojej infrastruktury ciepłowniczej coraz więcej odbiorców. Wynika stąd konieczność zwiększania wydajności istniejących urządzeń lub zakupu nowych elementów sieci ciepłowniczych.

Jak nigdy dotąd, ciepło stało się towarem rynkowym w pełnym tego słowa znaczeniu. Uwolnienie (urynkowanie) cen energii cieplnej jest ukoronowaniem tego procesu, który roz-

począł się w latach 90. Cena energii cieplnej zaczyna odpowiadać jej wartości, a więc zmusza do racjonalnego jej wykorzystywania. Przed zakładami ciepłowniczymi staje więc zadanie dostarczania energii cieplnej odbiorcom po jak najniższej cenie. Jak tego dokonać, jakie podjąć decyzje, modernizować czy wymieniać urządzenia ciepłownicze? Na takie pytania nie można dać jednoznacznej odpowiedzi bez analizy stanu urządzeń zakładu oraz jego zasobów finansowych.

Bardzo ważnym elementem wspierającym zarządzanie zakładem ciepłowniczym jest system ekspertowy. System ten, jako narzędzie wspomagające proces decyzyjny zakładu, jest narzędziem efektywnym, wzorującym się na sprawdzonych faktach i powstałym w oparciu o rzetelne wiadomości ekspertów z dziedziny ciepłowniczej. Ciepłownictwo jest jedną z dziedzin przemysłu, w której podejmowane decyzje są uzależnione od wielu zmieniających się dynamicznie czynników nie dających się opisać za pomocą pojedynczych reguł czy też wzorów.

3. Cel i założenia budowy systemu ENERGEX

Podstawowym założeniem działalności zakładu ciepłowniczego, a co za tym idzie, systemu ENERGEX, jest wyprodukowanie jak najtańszej energii cieplnej oraz co oczywiste, osiągnięcie maksymalnego zysku. Ciepłownictwo jest jedną z dziedzin przemysłu, w której podejmowane decyzje są uzależnione od wielu zmieniających się dynamicznie czynników nie dających się opisać za pomocą pojedynczych reguł czy też wzorów. Czynniki wpływające na zysk zakładu ciepłowniczego wynikają z gospodarowania zasobami tego zakładu, produkcją oraz innymi elementami zewnętrznymi, takimi jak ceny urzędowe czy koordynacja ze strony miejskich służb w zakresie polityki ciepłowniczej.

Wyróżnić można trzy grupy czynników wpływających na zysk zakładu ciepłowniczego:

- czynniki wewnątrzzakładowe, których koszty są do określenia i zaplanowania na podstawie średniej miesięcznej. Można do tych kosztów zaliczyć m.in. płace pracowników, koszty związane z prowadzeniem zakładu (reklama, koszty reprezentacyjne), zakup wyposażenia zakładu, zakup urządzeń i pojazdów,
- czynniki związane z odbiorcami ciepła. Wyróżnić tutaj można zarówno typ odbiorców ciepła, jak i ich ilość oraz elementy wyposażenia lokali odbiorców,
- czynniki miejskie, czyli ceny urzędowe energii cieplnej, instrukcje ogólnomiejskie dotyczące ochrony środowiska itp.

W zależności od osiąganego zysku w danym czasie można określić stan zasobów finansowych zakładu ciepłowniczego, a co za tym idzie, odpowiednią reakcję systemu ekspertowego ENERGEX co do wykorzystania tych zasobów.

Ustalono zostały cztery typy zasobności finansowej zakładu ciepłowniczego:

- duże zasoby finansowe,
- średnie zasoby finansowe,
- minimalne zasoby finansowe,
- braki finansowe (straty).

Taki sposób podziału pozwala systemowi ekspertowemu na określenie rodzajów reakcji na poszczególne typy elementów składowych, wpływających na polepszenie zysku zakładu ciepłowniczego.

W przypadku dużych zasobów finansowych system ENERGEX doradza kierownictwu w pierwszej kolejności zakup najnowocześniejszych urządzeń podnoszących efektywność produkcji, następnie wymianę poszczególnych odcinków ciepłowniczych, wymianę przestarzałego taboru samochodowego i parku maszyn, wymianę kotłów z uwzględnieniem czynników ekologicznych.

W przypadku osiągnięcia średnich zasobów finansowych w badanym okresie przez zakład ciepłowniczy, system ekspertowy ENERGEX doradzi wymianę lub naprawę przestarzałej sieci ciepłowniczej. W kwestii taboru samochodowego doradzi przeprowadzenie remontów kapitalnych samochodów przy wykorzystaniu własnych środków lub wyspecjalizowanych firm. Konieczna jest również dogłębna analiza wykorzystania zatrudnionych pracowników.

W przypadku minimalnych zasobów finansowych, system ekspertowy doradzi m.in. ograniczenie wydatków własnych, dokonanie zakupu elementów używanych lub po regeneracji zarówno dla parku maszyn, jak i taboru samochodowego.

Ostatnim progiem zasobności finansowej, który może spotkać zakład ciepłowniczy, są braki finansowe, czyli straty. Aby ratować zakład, system ENERGEX doradzi zaciągnięcie kredytu, a także częściową wyprzedaż sprzętu i urządzeń, jak również grupowe zwolnienia pracowników.

4. Struktura bazy wiedzy systemu ENERGEX

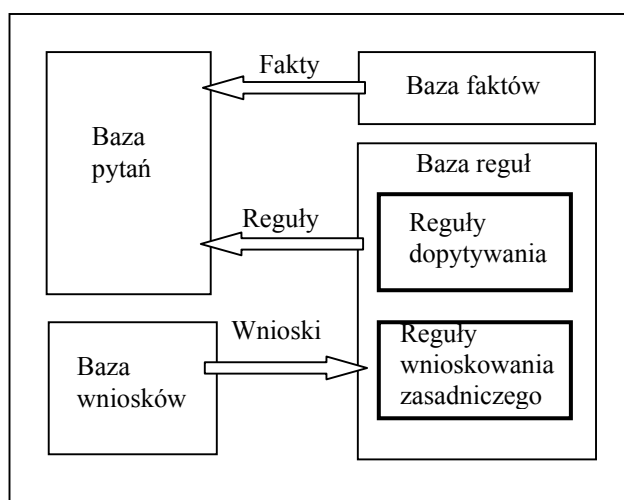
Wiedza jest pojęciem podstawowym dla różnego rodzaju procesów decyzyjnych i procesów wnioskowania zarówno przez człowieka, jak i przez komputer. Procesy decyzyjne są procesami przetwarzania informacji, w których występuje pewien zbiór alternatyw oraz funkcja przyporządkowująca każdej alternatywie określoną wartość. System ekspertowy podejmuje decyzję, która jest wyborem optymalnej alternatywy ze zbioru wszystkich dostępnych alternatyw.

Baza wiedzy jest podstawowym komponentem każdego systemu ekspertowego. W systemie ekspertowym ENERGEX składa się ona z kilku części. Podstawową część stanowi

zbiór reguł z dziedziny wiedzy dotyczącej branży ciepłowniczej. Drugą część bazy wiedzy stanowi zbiór faktów. Pomiędzy zbiorem reguł i zbiorem faktów zachodzą określone relacje.

Wiedza zawarta w bazie wiedzy systemu ekspertowego ENERGEX ma charakter deterministyczny. Dla określonego zbioru faktów potwierdzonych czy zaprzeczonych przez użytkownika, wyniki konsultacji są określone jednoznacznie. Wiąże się to z charakterem rozwiązywanym przez system ENERGEX problemów.

Wiedza zawarta w bazie wiedzy systemu ENERGEX została funkcjonalnie pogrupowana w czterech bazach. Ich strukturę i wzajemne powiązania ilustruje poniższy rysunek:



Rys. 1. Struktura bazy wiedzy systemu ENERGEX
Fig. 1. Knowledge base structure of ENERGEX system

W bazie faktów przechowywane są wszystkie fakty uwzględniane w czasie przeprowadzania konsultacji z użytkownikiem systemu ENERGEX. Fakty te opisują pewne cechy branży ciepłowniczej, dotyczące różnych aspektów działalności zakładów ciepłowniczych.

Uznanie faktów za prawdziwe lub fałszywe dla konkretnego przypadku działalności zakładu ciepłowniczego odbywa się w pierwszej części konsultacji, zwanej dopytywaniem użytkownika. Aby uczynić ten etap czytelnym dla użytkownika, każdemu rozpatrywanemu faktowi przyporządkowano pytanie.

Kolejność pytań zadawanych podczas procesu dopytywania ustalana jest przez mechanizm wnioskujący na podstawie reguł przypisanych do każdego pytania. Wyznaczają one numer następnego pytania w zależności od dotychczas uzyskanych odpowiedzi użytkownika. Wszystkie te elementy powiązane są ze sobą w bazie pytań, która jest jednym ze składników bazy wiedzy systemu ENERGEX.

Baza reguł przechowuje treść wszystkich reguł używanych w systemie, zarówno tych kontrolujących proces dopytywania użytkownika, jak i pozwalających na sformułowanie końcowych wniosków.

Baza wniosków zawiera wszystkie wnioski, które wynikają z badanych w trakcie procesu wnioskowania faktów. Wnioski te są zredagowane w taki sposób, aby stanowiły wytyczne

dla decydenta zarządzającego zakładem ciepłowniczym. Ostatecznym wynikiem konsultacji z systemem ENERGEX jest lista wniosków z uaktywnionych reguł.

W bazie wiedzy prezentowanego w pracy systemu ekspertowego ENERGEX występują cztery kategorie reguł:

- reguły związane z ochroną środowiska,
- reguły związane z potrzebami pieców węglowych,
- reguły na potrzeby węzłów ciepłowniczych,
- reguły na potrzeby otoczenia.

Pierwsza kategoria reguł, czyli reguły związane z ochroną środowiska, dotyczy użytego opału (paliw pierwotnych) do produkcji energii cieplnej oraz związanej z tym emisji szkodliwych substancji do atmosfery.

Struktura zużycia paliw pierwotnych w Polsce wygląda następująco:

- węgiel kamienny i brunatny 72%,
- gaz ziemny 9,5%,
- paliwa ciekłe 16%,
- pozostałe nośniki 2,5%.

Wielu specjalistów z branży ciepłowniczej uważa, że ze względu na istniejącą strukturę zużycia paliw pierwotnych w Polsce, czyli zdecydowaną przewagę węgla kamiennego i brunatnego nad pozostałymi nośnikami energii, konieczne staje się zastosowanie w większym stopniu paliw ekologicznych, czyli gazu i oleju opałowego.

Reguły związane z ochroną środowiska zawierają oprócz rodzaju opału również następujące parametry:

- zawartość dwutlenku siarki SO_2 w mg w m^3 suchych gazów w warunkach normalnych, przy zawartości tlenu 6% w gazach odlotowych,
- zawartość dwutlenku azotu NO_2 w mg w m^3 suchych gazów w warunkach normalnych, przy zawartości tlenu 6% w gazach odlotowych,
- zawartość pyłu w mg w m^3 suchych gazów w warunkach normalnych, przy zawartości tlenu w gazach odlotowych 11% dla spalania drewna i 6% dla spalania pozostałych paliw stałych i przy zawartości tlenu 3% dla paliw gazowych,
- zawartość tlenku węgla CO w mg w m^3 suchych gazów w warunkach normalnych, przy zawartości tlenu w gazach odlotowych 11% dla spalania drewna i 6% dla spalania pozostałych paliw stałych i przy zawartości tlenu 3% dla paliw gazowych i ciekłych.

Przykładowe reguły tej kategorii są następujące:

REGUŁA 1

IF opał = węgiel kamienny
AND moc < 50
AND NO₂ > 400
THEN nowe filtry dwutlenku azotu

REGUŁA 3

IF opał = koks
AND moc >= 50
AND moc < 300
AND pył > 50
THEN nowe filtry pyłowe

REGUŁA 2

IF opał = gaz ziemny
OR opał = gaz ciekły
OR opał = gaz koksowniczy
AND moc > 50
AND NO₂ > 350
THEN nowe filtry dwutlenku azotu

REGUŁA 4

IF opał = paliwo ciekłe
AND moc < 5
AND NO₂ > 450
THEN nowe filtry dwutlenku azotu

Druga kategoria reguł, to reguły związane z parametrami technicznymi pieców węglowych. Przykładowe reguły tej kategorii są następujące:

REGUŁA 1

IF niedostateczna wydajność cieplna
AND niedostateczny ciąg
THEN kontrola instalacji ciągu
AND zwiększenie ilości zasysanych splin
AND sprawdzenie szczelności kotła

REGUŁA 3

IF słaby ciąg w komorze paleniskowej
AND duże nieszczelności kanałów spalin
THEN sprawdzenie szczelności

REGUŁA 2

IF wpadanie do leja niedopalonego paliwa
AND źle wyregulowany podmuch
THEN regulacja podmuchu

REGUŁA 4

IF zablokowany napęd rusztu
AND zatarty blok napędowy
THEN wymiana bloku napędowego.

Trzecia kategoria reguł związana jest potrzebami węzłów cieplnych. Przykładowe reguły tej kategorii są następujące:

REGUŁA 1

IF trudne warunki eksploatacyjne
AND duże zanieczyszczenie mechaniczne
THEN stosować ciepłomierze ultradźwiękowe

REGUŁA 3

IF węzeł cieplny o mocy > 5 MW
THEN wyposażyć węzeł cieplny w rejestrator temperatury zasilania i rejestrator mocy cieplnej.

REGUŁA 2

IF mała pewność działania
AND zawory lub zasuwki grzybowe
THEN stosować kurki kulowe lub przepustnice

Czwarta kategoria reguł, to reguły związane z potrzebami otoczenia. Przykładowe reguły tej kategorii to:

REGUŁA 1

IF budynek użyteczności publicznej
THEN stałe dostawy energii cieplnej i umowy wieloletnie.

REGUŁA 2

IF obiekty pierwszej potrzeby (szpitale, żłobki, szkoły)
THEN stała kontrola parametrów technicznych

5. Przebieg procesu wnioskowania

Wnioskowanie w systemie ENERGEX odbywa się w przód. Algorytm wnioskowania w przód 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 znajduje się tam już fakt, który daje się dopasować do hipotezy, to następuje zakończenie procesu wnioskowania i jest generowany odpowiedni komunikat.

W przypadku gdy po przeglądnięciu całej bazy faktów system nie może dać odpowiedzi na postawioną hipotezę, podejmowane są kroki, w wyniku których generowane są nowe fakty. Uruchamiane są reguły, których przesłanki są prawdziwe. Wyznacza się zbiór reguł możliwych do zastosowania w danym etapie wnioskowania. Wybierana i uaktywniana jest jedna z reguł. Proces wnioskowania jest kontynuowany tak długo, aż zostanie osiągnięty cel lub gdy nie można uaktywnić więcej reguł. Algorytm wnioskowania w przód przedstawiony został na rysunku 2.

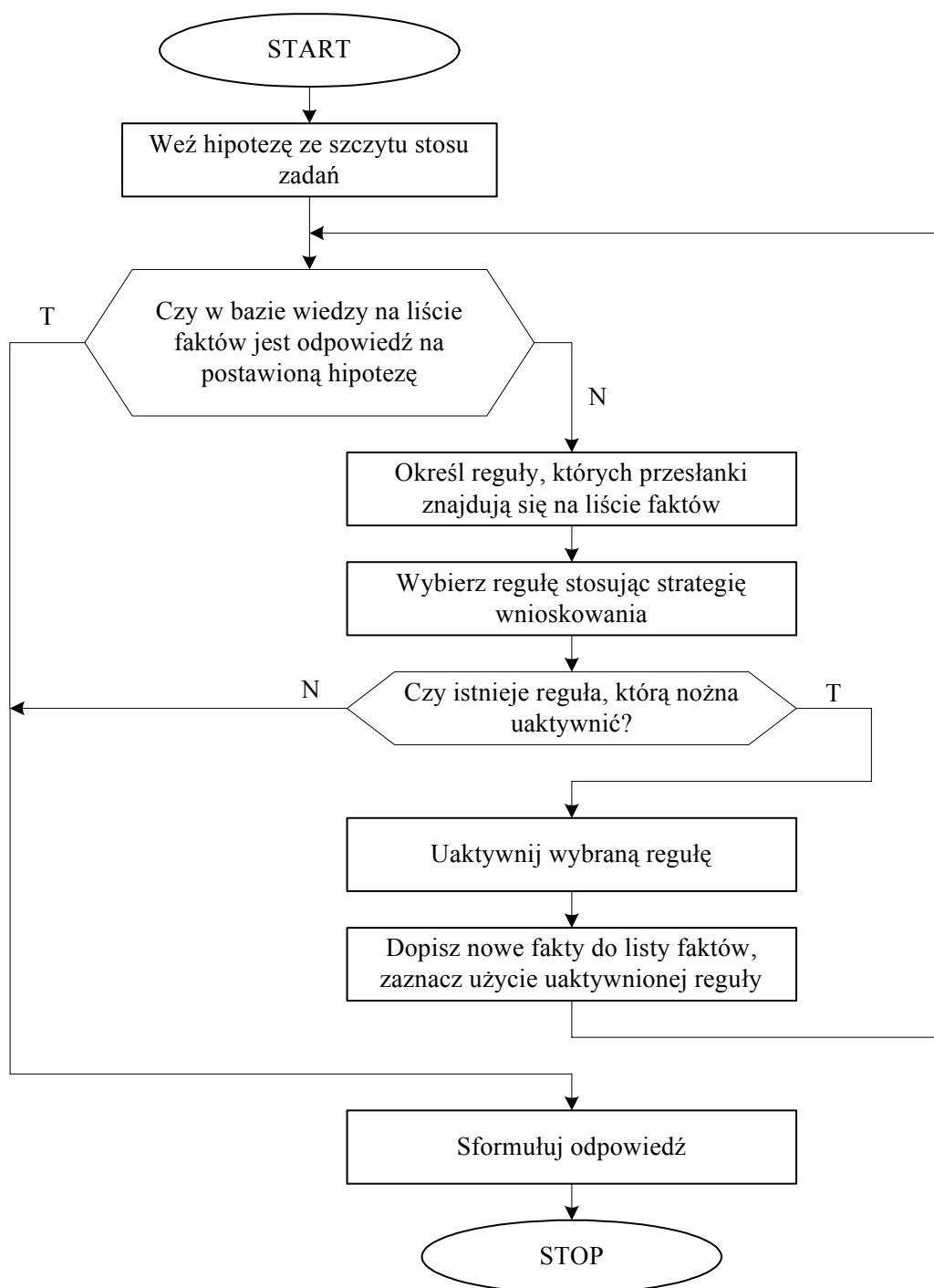
Wszystkie reguły są uporządkowane według czterech podanych w poprzednim punkcie niniejszej pracy kategorii i przed rozpoczęciem procesu wnioskowania należy podać kategorię reguł, na których ma nastąpić wnioskowanie. W trakcie wnioskowania rozpatrywane są tylko reguły z danej kategorii.

Wszystkie operacje wnioskowania są przeprowadzone na serwerze. W serwerze po każdorazowym ustaleniu faktu wyznaczona jest reguła, do której dany fakt należy, a następnie jeśli reguła nie jest spełniona, zostaje wyznaczona następna i ustalane są pozostałe fakty.

System ENERGEX wykorzystuje dynamiczną bazę danych, za pomocą której dokonuje wnioskowania na faktach i regułach. Do bazy danych podczas uruchamiania programu wczytywane są wszystkie fakty i reguły dostępne w bazie wiedzy. Również pytania zadawane użytkownikowi, wraz z możliwymi odpowiedziami, wczytywane są do pamięci komputera. Każdy fakt jest powiązany z odpowiadającym mu pytaniem i serią odpowiedzi. Dzięki wykorzystaniu dynamicznej bazy danych unika się odwoływania do pliku po każdorazowym uzgadnianiu faktu i zadaniu pytania, co znacznie zwiększa efektywność działania systemu ekspertowego ENERGEX.

Kolejność danych (faktów) znajdujących się w tej bazie ma duże znaczenie, gdyż na tej podstawie wyświetlane są zapytania stawiane użytkownikowi. Jeżeli chcemy, aby na początku wyświetlało się pytanie skojarzone z odpowiednim faktem, musimy je umieścić w pierw-

szej linii rozpatrywanej reguły. Zatem budując bazę wiedzy, brano pod uwagę konsekwencje wynikające ze złego zorganizowania kolejności faktów w regule.



Rys. 2. Schemat algorytmu wnioskowania w przód
Fig. 2. Scheme of reasoning algorithm with forward chaining strategy

6. Podsumowanie

Przedstawiony w pracy system ekspertowy ENERGEX jest potwierdzeniem możliwości wykorzystania metod sztucznej inteligencji do zastosowań praktycznych. System ten poddano badaniom testującym, mającym na celu wyeliminowanie wszystkich błędów i nieścisłości powstałych podczas jego budowy. Wyniki testów zaprezentowanego w pracy systemu ENERGEX pokazały, że jest on pomocny w podejmowaniu decyzji zarówno w obszarze szeroko rozumianego zarządzania, jak i sterowania procesem technologicznym w zakładach ciepłowniczych.

Zaprezentowany system ENERGEX spełnia w sposób zadowalający postawione przed nim zadania. Należy jednak pamiętać, że system udziela jedynie porad na podstawie zgromadzonej w bazie wiedzy systemu wiedzy eksperckiej. Ostateczna decyzja należy zawsze do decydenta zakładu ciepłowniczego, jako osoby odpowiedzialnej za prawidłowe funkcjonowanie procesu produkcji energii cieplnej, która może potwierdzić lub odrzucić poradę systemu ekspertowego.

BIBLIOGRAFIA

1. Buchalski Z.: Computer Advisory-Decision System for the Logistics Services Support, Polish Journal of Environmental Studies, Vol.18, No.3B, 2009, s. 53÷57.
2. Buchalski Z.: Knowledge Management of Expert System Based on the Symbolic Representation of Natural Language Sentences. W: Information Systems Architecture and Technology, L. Borzemski, A. Grzech, J. Świątek, Z. Wilimowska (eds.), Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006, s.75÷85.
3. Buchalski Z.: Zarządzanie wiedzą w podejmowaniu decyzji przy wykorzystaniu systemu ekspertowego. W: Bazy danych. Struktury, algorytmy, metody, Wydawnictwo WKiŁ, Warszawa 2006, s. 471÷478.
4. Chromiec J., Strzemieczna E.: Sztuczna inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1994.
5. Niederliński A.: Regułowo-modelowe systemy ekspertowe. Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2006.
6. Owoc M.: Elementy systemów ekspertowych, cz.1: Sztuczna inteligencja i systemy ekspertowe. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław 2006.
7. Rutkowski L.: Metody i techniki sztucznej inteligencji. Inteligencja obliczeniowa. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.

8. Stefanowicz B.: Systemy eksperckie. Przewodnik. PWN, Warszawa 2003.
9. Twardowski Z.: Inteligentne systemy wspomaganie decyzji w strategicznym zarządzaniu organizacją gospodarczą. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2007.

Recenzenci: Prof. dr hab. inż. Stanisław Wrycza
Dr hab. inż. Mirosław Zaborowski

Wpłynęło do Redakcji 31 stycznia 2010 r.

Abstract

This article presents certain concept of expert system called ENERGEX, which supports advisory – decision process in thermal energy distribution company. At the beginning basic problems in thermal energy distribution were recognized. These researches resulted in essential foundation of analyzed system establishment. Fundamental establishments of system's construction and functional description of ENERGEX system is presented.

Knowledge gathered in system's knowledge base is formed as rules and facts. This paper presents knowledge base structure. Included in ENERGEX system's knowledge base knowledge has been functionally grouped on four bases. Structure and relations between these bases have been illustrated in Fig. 1.

In facts base all facts are stored and they are used during dialog with user. Recognition of genuine and false facts take place in first part of dialog with user and is called bringing down part. Computer checks all facts. To each fact match proper question, which user have to answer on. This method of questioning is readable for user. Sequence of question assigned during described bringing down process is established by reasoning mechanism and based on attributed for each question rule. The number of next question is appointed depending on previously received answers of user. All these elements are related in questions base. Rules base stores content of all rules used in system, bringing down controlling process questions as well as rules formulating final conclusion.

In ENERGEX expert system reasoning mechanism with forward chaining strategy was applied. It searches for answers, which user is looking for. Reasoning process with forward chaining starts from facts, through rules to reasoning destination. Expert system tries to associate rules premise with gathered in knowledge base facts and increase set of known facts by adding new conclusions. In ground of accessible rules and facts new facts are generated. This

process takes place to time, when answer on asked questions is found. Reasoning algorithm implemented as part of ENERGEX expert system is presented in Fig. 2.

ENERGEX system contains dynamic database, which is used during reasoning process based on rules and facts. At application startup all accessible in knowledge base facts and rules are loaded to database. Even questions asked to the user with possible answers are loaded to computer memory. Each fact is assigned to certain question and set of answers. Due to dynamic database usage it is possible to avoid handling to files after each fact establishment and asking question, what increase efficiency of ENERGEX expert system.

ENERGEX expert system applies forward chaining in reasoning mechanism on more complex system's users' requests. ENERGEX system was tested in order to eliminate all faults made during its construction process. Results of tests indicated, that presented ENERGEX expert system satisfy all established at the beginning expectations.

Adres

Zbigniew BUCHALSKI: Politechnika Wrocławska, Instytut Informatyki, Automatyki i Robotyki, ul.Janiszewskiego11/17, 50-372 Wrocław, Polska, zbigniew.buchalski@pwr.wroc.pl.