

WSPARCIE PROCESU DYSTRYBUCJI ENERGII CIEPLNEJ I ELEKTRYCZNEJ POPRZEZ EFEKTYWNE WYKORZYSTANIE WIEDZY EKSPERTCKIEJ

Zbigniew BUCHALSKI

Streszczenie: W artykule przedstawiono pewną koncepcję systemu ekspertowego o nazwie ENERGIOWSPOM wspomagającego przemysłowy proces dystrybucji energii cieplnej i elektrycznej dla potrzeb zakładu przemysłowego „Frotex” w Prudniku. Podano podstawowe założenia i cel budowy tego systemu, opisano mechanizm akwizycji wiedzy do bazy wiedzy oraz zaprezentowano komputerową realizację systemu ENERGIOWSPOM.

Słowa kluczowe: systemy doradczo-decyzyjne, sztuczna inteligencja, zarządzanie wiedzą.

1. Wstęp

W ciągu ostatnich lat zaobserwować można zarówno na rynku światowym, jak i polskim gwałtowny wzrost zapotrzebowania na specjalistyczne systemy komputerowe wspomagające ludzką działalność, czyli tzw. systemy ekspertowe [1, 2, 3, 7, 8, 9]. Systemy ekspertowe są programami komputerowymi, które mają zastępować ludzi-ekspertów w rozwiązywaniu różnych problemów decyzyjnych.

Podejmowanie decyzji oznacza akt wyboru jednej możliwości (kierunku) działania spośród pewnego ich zestawu. Wybór ten może być wykonywany na podstawie określonej sekwencji działań, które prowadzą do wyselekcjonowania najkorzystniejszej (optymalnej) alternatywy. Istotną rolę we wspomaganii procesu decyzyjnego odgrywają inteligentne systemy informatyczne jakimi są systemy ekspertowe [4, 5, 6, 10, 11].

Systemy ekspertowe można obecnie spotkać prawie w każdej dziedzinie ludzkiej działalności począwszy od medycyny poprzez technikę aż do podejmowania skomplikowanych decyzji finansowych. Przestały one być już wyłącznie domeną naukowców i laborantów zajmujących się badaniami w dziedzinie sztucznej inteligencji a stały się powszechnie wykorzystywane.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie pewnej koncepcji systemu ekspertowego o nazwie ENERGIOWSPOM, wspomagającego przemysłowy proces dostarczania energii cieplnej i elektrycznej dla potrzeb zakładu przemysłowego „Frotex” w Prudniku. Zakład przemysłowy „Frotex” zajmuje się produkcją tkanin i jest samowystarczalny jeżeli chodzi o zapotrzebowanie na energię cieplną i elektryczną, gdyż dostarcza ją zakładowa elektrociepłownia.

2. Opis procesu technologicznego w zakładzie „Frotex”

Zakład przemysłu bawełnianego „Frotex” jest producentem tkanin i ręczników frotowych, pościeli i obrusów, tkanin namiotowych i drelichowych oraz flanelowych. Podstawowe wydziały produkcyjne to: tkalnia, wykańczalnia oraz zamiejscowy oddział

przędzalni wyrobów drelichowych i flanelowych. Wyroby frotte wytwarzane są na krosnach zakardowych zainstalowanych w wydziale tkalni. Przędza dla tkalni przygotowana jest we własnej przędzalni, a następnie farbowana w farbiarni przędzy. Wydział wykańczalni przerabia tkaniny surowe pochodzące od innych producentów z kraju i zagranicy.

Na etapie wykańczania tkaniny poddawane są procesom bielenia, farbowania, apreturowania i wielu innym, w efekcie końcowym otrzymując pożądane własności, np. wysoką odporność, niepalność, itp. Procesy te są bardzo energochłonne i materiałochłonne. Wykańczalnia zużywa bardzo duże ilości wody, energii elektrycznej, pary technologicznej, środków chemicznych i materiałów pomocniczych. Energia elektryczna i para technologiczna wytwarzane są we własnej elektrociepłowni, która zaopatruje w ciepło także bloki mieszkalne położone w pobliżu zakładu. Podstawowe urządzenia energetyczne zainstalowane w elektrociepłowni są następujące:

- dwa kotły parowe, opromieniowane, sekcyjne, rusztowe typu OSR 16/25,
- turbosespół przeciwprężny TP-2 z generatorem mocy 2,5 MVA, 6kV.

W elektrociepłowni mamy do czynienia ze skojarzoną gospodarką energetyczną, co oznacza, że para technologiczno-grzewcza kierowana na wydziały produkcyjne uprzednio przepływa przez turbinę wykonując pracę potrzebną do produkcji energii elektrycznej. Z innych powodów para jest kierowana na produkcję poprzez stację redukcyjno-schładzającą o wydajności 32t/h, a nie wyprodukowana wskutek tego energia elektryczna jest kupowana z sieci energetyki profesjonalnej.

Proces dostarczania ciepła oraz energii elektrycznej jest realizowany w siłowni parowej. Jest to zespół urządzeń należących do większego, przetwarzającego energię układu (najczęściej silnika cieplnego), w którym odbywa się ostateczna konwersja pewnego rodzaju energii na energię mechaniczną.

Siłownia parowa składa się z kotłowni i maszynowni. W kotłowni znajduje się kocioł parowy a w maszynowni są ustawione pompy i silniki. Kotłownia zakładu „Frotex” posiada kotły parowe, które wytwarzają parę przy wykorzystaniu procesu spalania.

Proces spalania zachodzi na palenisku (jeden z elementów kotła), a w jego wyniku dochodzi do odparowania czynnika roboczego, jakim jest woda. Powstała para odprowadzana jest do walczaka. Jest to element obiegowy kotła parowego, będący cylindrycznym zbiornikiem ciśnieniowym. Z dolnej części walczaka pobiera się wodę, która płynie rurami opadowymi a następnie wznoszącymi się i zaczyna wrzeć. Mieszanina parowo-wodna zostaje wprowadzona do walczaka, gdzie następuje grawitacyjne oddzielenie pary mokrej od wody. Woda jest ponownie doprowadzana do wrzenia w rurach wznoszących się, a para mokra jest pobierana z górnej części walczaka i jest kierowana do pierwotnego podgrzewacza pary gdzie staje się parą suchą – przegrzaną.

W celu podniesienia sprawności siłowni parowej stosowany jest powszechnie w energetyce przegrzew wtórny pary wodnej. Polega on na skierowaniu pary z powrotem do kotła parowego po rozprężeniu w wysokoprężnej części turbiny parowej. Para zostaje ponownie przegrzana, w wyniku czego jej entalpia (potencjał termodynamiczny) rośnie. Para wtórnie przegrzana kierowana jest do części średnio- lub niskoprężnej turbiny, gdzie następuje dalsze rozprężenie pary do ciśnienia wylotowego.

Para powstała w kotle służy do wytworzenia energii mechanicznej odprowadzanej następnie wałem do generatora elektrycznego. Proces ten zachodzi w turbinie parowej. Działanie turbiny opiera się o przepływającą przez nią parę, której entalpia spada i jest zamieniana w inną formę energii, a konkretnie w energię mechaniczną odprowadzaną do maszyny napędzanej.

3. Podstawowe założenia budowy systemu ENERGIOWSPOM

Podstawowe założenia budowy systemu ekspertowego ENERGIOWSPOM można w skrócie przedstawić w następujących punktach:

- system ma identyfikować problemy występujące podczas pracy elektrociepłowni na podstawie zaistniałych przyczyn wystąpienia tych problemów,
- system ma udzielać ekspertyz oraz porad w sytuacjach awaryjnych w zakresie przyczyn ich wystąpienia,
- system ma być przyjazny dla użytkownika, który niekoniecznie jest ekspertem w dziedzinie inżynierii dostarczania ciepła.

Celem budowy systemu ENERGIOWSPOM jest stworzenie interaktywnego narzędzia wspomagającego proces podejmowania decyzji podczas przemysłowego procesu wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej. Podjęcie decyzji podczas stanu awaryjnego w elektrociepłowni wiąże się z poważnymi konsekwencjami z uwagi na wysokie temperatury oraz ciśnienia panujące w urządzeniach wykorzystywanych do tego procesu. Dlatego też system ENERGIOWSPOM może okazać się wyjątkowo pomocny, gdyż pozwala na szybką ocenę sytuacji na podstawie zachodzących zjawisk.

System ekspertowy ENERGIOWSPOM jako narzędzie wspomagające proces decyzyjny zakładu „Frotex” jest narzędziem efektywnym, wzorującym się na sprawdzonych faktach i powstałym w oparciu o rzetelne wiadomości ekspertów z dziedziny ciepłowniczej. Podstawowym założeniem działalności zakładu „Frotex”, a co za tym idzie celem budowy systemu ENERGIOWSPOM, jest wyprodukowanie jak najtańszej energii cieplnej oraz, co oczywiste, osiągnięcie maksymalnego zysku.

4. Akwizycja wiedzy do bazy wiedzy systemu ENERGIOWSPOM

Wiedza jest pojęciem podstawowym dla różnego rodzaju procesów decyzyjnych i procesów wnioskowania zarówno przez człowieka, jak i przez komputer [6, 10]. 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.

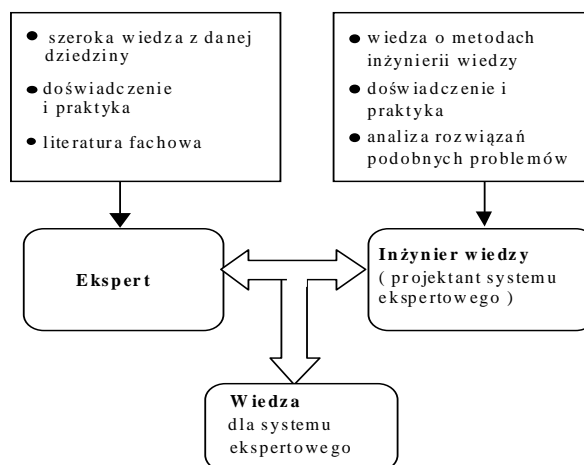
We współczesnych systemach ekspertowych coraz większą rolę zaczynają odgrywać efektywne mechanizmy wnioskowania oraz reprezentacji wiedzy. Nie chodzi tu wyłącznie o czas reakcji systemu, ale o problemy związane z czytelnością baz wiedzy, a w konsekwencji również o trudności związane z ich utrzymaniem i rozwojem. Dlatego też wydaje się, że we współczesnych systemach ekspertowych ich architektura, w tym zastosowane mechanizmy wnioskowania i reprezentacji wiedzy, decydują na równi z jakością wiedzy eksperta o powodzeniu aplikacji.

Problematyka reprezentacji wiedzy jest jednym z najważniejszych nurtów badań w dziedzinie sztucznej inteligencji. Systemy ekspertowe wykorzystują do rozwiązywania problemów wiedzę, czyli w uproszczeniu zbiór wiadomości z określonej dziedziny. Wiedza ta musi być wcześniej opisana (sformalizowana) za pomocą tzw. języka reprezentacji wiedzy i wprowadzona do bazy wiedzy systemu ekspertowego.

Akwizycja wiedzy jest procesem określenia wiedzy, na podstawie której system ekspertowy będzie udzielał odpowiedzi. Określenie wiedzy polega na otrzymaniu od eksperta wiedzy w formie podatnej na sformalizowanie. Istotę procesu nabywania wiedzy scharakteryzować można w postaci schematu przedstawionego na rysunku 1.

System ekspertowy ENERGIOWSPOM zawiera mechanizm pozyskiwania wiedzy, przez co możliwe jest rozbudowywanie i uaktualnianie bazy wiedzy. Pozyskiwanie wiedzy do bazy wiedzy odbywa się na bieżąco w trakcie pracy systemu ekspertowego. Baza wiedzy systemu ENERGIOWSPOM zawiera wiedzę dziedzinową dotyczącą energii cieplnej i elektrycznej i wypełniona jest regułami i faktami reprezentującymi tę dziedzinę.

W systemie ENERGIOWSPOM baza wiedzy składa się z kilku części. Podstawową część stanowi zbiór reguł z dziedziny wiedzy dotyczącej energii cieplnej i elektrycznej. Baza reguł przechowuje treść wszystkich reguł używanych w systemie, zarówno tych kontrolujących proces dopytywania użytkownika, jak również pozwalających na formułowanie końcowych wniosków.



Rys. 1. Mechanizm akwizycji wiedzy

Drugą część bazy wiedzy stanowi zbiór faktów. W bazie faktów przechowywane są wszystkie fakty uwzględniane w czasie przeprowadzania konsultacji z użytkownikiem systemu ENERGIOWSPOM. Fakty te opisują pewne cechy branży ciepłowniczej i elektrycznej, dotyczące różnych aspektów działalności zakładu „Frotex”.

Uznanie faktów za prawdziwe lub fałszywe dla konkretnego przypadku działalności zakładu „Frotex” 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 ENERGIOWSPOM.

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 produkcją energii elektrycznej i cieplnej w zakładzie „Frotex”. Ostatecznym wynikiem konsultacji z systemem ENERGIOWSPOM jest lista wniosków z uaktywnionych reguł.

5. Implementacja komputerowa systemu ENERGIOWSPOM

System ekspertowy ENERGIOWSPOM został zaimplementowany w postaci programu o takiej samej nazwie. Program ENERGIOWSPOM działa w oparciu o bazę wiedzy stworzoną za pomocą narzędzia MsAccess. Zdecydowano się na to narzędzie z uwagi na obecność pakietu MsOffice w większości biur, co ogranicza koszty podczas ewentualnej implementacji programu komputerowego. Interfejs użytkownika napisany został w języku

Visual Basic przy wykorzystaniu środowiska programistycznego Microsoft Visual Studio 2005, który komunikuje się z wiedzą zawartą w bazie wiedzy systemu ENERGIOWSPOM za pomocą metody ADO (ActiveX Data Objects). MsAccess działa w oparciu o skryptowy język VBA (Visual Basic for Applications), który ma identyczną składnię co język Visual Basic.

System ENERGIOWSPOM umożliwia dodawanie nowych reguł do bazy wiedzy. Jednak proces tworzenia podstawowej bazy wiedzy oraz inicjacja wszystkich tabel przeprowadzona została za pomocą narzędzia MsAccess. Stworzona została prosta aplikacja w MsAccessie, aby umożliwić sprawne dodawanie reguł do bazy wiedzy. Pierwszym krokiem jest dodanie wszystkich możliwych przesłanek do bazy wiedzy.

Użytkownik wpisuje treść przesłanki i klika <Dodaj>, co powoduje uruchomienie procedury, która sprawdza czy dana przesłanka już istnieje w bazie wiedzy. Procedura dodawania reguł jest zmuszonym procesem podawania wszystkich przesłanek, po ukończeniu którego użytkownik przechodzi do konstruowania reguł.

Poszczególne reguły mogą składać się z wielu przesłanek połączonych operatorami logicznymi. Źródłem danych dla poszczególnych pól przesłankowych jest tablica PRZESŁANKI, która została wypełniona wartościami na wcześniejszym etapie.

Po uruchomieniu przycisku <Dodaj> rozpoczyna się procedura dodawania nowej reguły do bazy wiedzy. Jeżeli procedura sprawdzająca nie znajdzie reguły, która odpowiadałaby tej, którą chcemy dodać, system ENERGIOWSPOM rozpoczyna proces dodawania nowej reguły. Nazwa reguły jest generowana automatycznie i jest niezależna od użytkownika. Jest ona zestawieniem słowa „Rule” oraz numeru, który został wyznaczony w wyniku działania procedury, która robi pętlę po wszystkich regułach zapisanych w bazie wiedzy, następnie sprawdza prawą część nazwy reguły, zamienia ją na liczbę (gdyż wcześniej była ona zmienną tekstową, jako, że stanowiła nazwę reguły). Następnie wyszukiwana jest wartość największa, która w kolejnym kroku jest powiększana o jeden i powstała liczba stanowi drugą część nazwy nowej reguły, którą użytkownik stara się dodać do bazy wiedzy.

Menu główne w zrealizowanym systemie ekspertowym ENERGIOWSPOM składa się z czterech elementów: Rules, View, Options, Help. Najważniejszym elementem tego menu jest element „View”, który pozwala na zarządzanie bazą wiedzy. Po wybraniu opcji „Rules” pojawia się okienko, które jest nieaktywne do momentu kliknięcia przycisku <View>, co powoduje uruchomienie procedury łączenia się z bazą wiedzy i propagacji źródła danych pola tekstowego. Jest nim tablica, której elementami są reguły pobrane z bazy wiedzy.

System pozwala na edycję reguł. Realizowane jest to poprzez zaznaczenie interesującej nas reguły oraz wciśnięcie przycisku <Edit Rule>. Powoduje to rozkład wybranej reguły na składniki części warunkowej.

Po wyborze zdania, które użytkownik chciałby edytować należy kliknąć przycisk <Edytuj>, co w rezultacie powoduje załadowanie nowego okienka. Po wpisaniu nowej wartości użytkownik klika przycisk <Zapisz>, co powoduje zapisanie zmian w bazie wiedzy. W oknie głównym programu ENERGIOWSPOM znajduje się kontrolka typu „TabPage” zawierająca dwie strony umożliwiające użytkownikowi wybór interesującej go opcji. Jedną z nich jest zmiana ustawień pracy normalnej w celu ustawienia parametrów normalnej pracy systemu. Faza ta (nazwana przygotowawczą) jest niezbędna do prawidłowej pracy systemu. Przyszły użytkownik nie będzie musiał sięgać do specjalistycznej literatury, aby sprawdzić czy wartości odczytane z poszczególnych mierników wykraczają poza przyjęte normy. System porównywał będzie aktualne wartości z wartościami zdefiniowanymi w tym panelu.

6. Podsumowanie

Celem niniejszego artykułu było zaprezentowanie pewnej koncepcji systemu ekspertowego o nazwie ENERGIOWSPOM służącego do udzielania ekspertyz w procesie dystrybucji energii cieplnej i elektrycznej dla potrzeb zakładu przemysłowego „Frotex” w Prudniku. System ten jest potwierdzeniem możliwości wykorzystania metod sztucznej inteligencji do zastosowań praktycznych.

System ekspertowy ENERGIOWSPOM poddano badaniom testującym mającym na celu wyeliminowanie wszystkich błędów i nieścisłości powstałych podczas jego budowy. Proces testowanie był procesem żmudnym i czasochłonnym. Prawdziwość reguł zawartych w bazie wiedzy tego systemu została sprawdzona poprzez wielokrotną symulację przebiegu awarii poszczególnych podzespołów wchodzących w skład elektrociepłowni zakładu „Frotex”, a wyniki skonsultowane z ekspertem pracującym w branży elektrociepłowniczej. W przyszłości rozważyć można możliwość rozwoju systemu ENERGIOWSPOM pod kątem kompatybilności z innymi systemami komputerowymi obecnie już działającymi w zakładzie „Frotex”.

Zaprezentowany system ekspertowy ENERGIOWSPOM spełnia w sposób zadawalający 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 osoby odpowiedzialnej za dystrybucję energii cieplnej i elektrycznej w zakładzie „Frotex”, która może potwierdzić lub odrzucić daną poradę.

Literatura

1. 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, pp.75-85.
2. Buchalski Z.: Komputerowe wspomaganie podejmowania decyzji z wykorzystaniem regułowego systemu ekspertowego. W: Komputerowo zintegrowane zarządzanie, tom 1, R. Knosala (red.). WNT, Warszawa, 2004, s.156-164.
3. Buchalski Z.: Praktyczny aspekt wykorzystania wiedzy eksperckiej do efektywnego podejmowania decyzji. W: Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, t.1, R. Knosala (red.). Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2006, s.191-198.
4. Buchalski Z.: Zarządzanie wiedzą w podejmowaniu decyzji przy wykorzystaniu systemu ekspertowego. W: Bazy danych. Struktury, algorytmy, metody. Wydawnictwo WKiŁ, Warszawa, 2006, s.471-478.
5. Chromiec J., Strzemieczna E.: Sztuczna inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa, 1994.
6. Krishnamoorthy C.S., Rajeev S.: Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers. CRC Press, London, 1994.
7. Liebowitz J.: The Handbook of Applied Expert Systems. CRC Press, London, 1996.
8. Niederliński A.: Regułowo-modelowe systemy ekspertowe. Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice, 2006.
9. Radzikowski W.: Komputerowe systemy wspomaganie decyzji. PWE, Warszawa, 1990.

10. Rutkowski L.: Metody i techniki sztucznej inteligencji. Inteligencja obliczeniowa. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2006.
11. Zieliński J.: Inteligentne systemy w zarządzaniu. Teoria i praktyka. Wyd. PWN, Warszawa, 2000.

Dr inż. Zbigniew BUCHALSKI
Instytut Informatyki, Automatyki i Robotyki
Politechnika Wrocławska
50-372 Wrocław, ul. Janiszewskiego 11/17
tel.: (0 71) 320 32 92
e-mail: zbigniew.buchalski@pwr.wroc.pl