

Mirosław Matusek*

Wojciech Zoleński**

Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn

Wstęp

Znaczna część przedsiębiorstw przemysłu budowy maszyn należy do środowiska produkcyjnego zwanego konstrukcją na zamówienie – ETO (*engineering-to-order*). Środowisko to ma charakter produkcji jednostkowej bądź małoseryjnej realizowanej na indywidualne zamówienie klienta. Ten typ produkcji odnosi się do produktów, dla których klient wymaga specyficznego opracowania inżynierskiego, znaczącej modyfikacji lub zakupu nowych materiałów. Konstrukcja i technologia są zwykle opracowywane indywidualnie dla konkretnego zlecenia klienta. Są to na ogół niepowtarzalne projekty charakteryzujące się specyficznymi wymaganiami odnośnie planowania technicznego i zarządzania produkcją oraz sposobem planowania i rozliczania wydatków. Często problemem jest tworzenie ofert na wyroby projektowane na zamówienie w krótkich seriach. Projekty takie realizowane są na podstawie początkowo niepełnych danych, poczynając od przygotowania oferty i jej wyceny, przez opracowanie budżetu i harmonogramu realizacji, a skończywszy na nadzorze nad realizacją i rozliczeniem kontraktu. Powtarzalność zamówień jest niewielka lub nawet żadna. Proces realizacji zamówienia w tego typu środowisku wymaga szczególnego wsparcia w zakresie zarządzania wiedzą. Zintegrowany proces realizacji zamówienia w przedsiębiorstwach budowy maszyn odzwierciedla się w postaci etapów, zadań, aktywności i występujących współzależności między nimi. Takie współzależności między poszczególnymi etapami wynikają ze współzależności zadań oraz wiedzy wymaganej na każdym z tych etapów. W każdym etapie członkowie zespołu projektowego bio-

*Dr inż., Instytut Zarządzania i Administracji, Wydział Organizacji i Zarządzania, Politechnika Śląska, mmatusek@polsl.pl, ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze

**Dr inż., Instytut Zarządzania i Administracji, Wydział Organizacji i Zarządzania, Politechnika Śląska, wzolenski@polsl.pl, ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze

rą aktywny udział w rozwiązywaniu problemów i podejmowaniu decyzji. Indywidualni członkowie zespołów są przydzielani do projektu z powodu ich formalnej wiedzy, umiejętności i doświadczenia, które są odpowiednie do realizacji zadań w projekcie. Stąd osoby w międzywydziałowym zespole projektowym polegają na dostępnej informacji i wiedzy innych członków zespołu. Zintegrowany proces musi być budowany i tak realizowany, aby wykorzystać indywidualną wiedzę poprzez przekształcenie jej w wiedzę zbiorową całego zespołu, co powoduje, że system dzielenia się wiedzą jest ważnym aspektem w środowisku zintegrowanego projektu.

W ramach realizowanego projektu badawczego rozwojowego pt.: „System komputerowy wspomaganie zarządzania w zakresie zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn” numer NR03-0112-10/2010 z dnia 09.12.2010 r. budowany jest system informatyczny w którym autorzy implementują m.in. takie rozwiązania jak Sieciowy System Wiedzy oraz Regułowy System Ekspertowy. Rozwiązania te planuje się wykorzystać do wspomaganie takich działań jak wybór dostawcy, zarządzanie ryzykiem w projekcie, system wczesnego ostrzegania, gromadzenie dobrych i złych praktyk.

W zaawansowanych systemach wczesnego ostrzegania uzasadnione jest zastosowanie systemów informatycznych wykorzystujących wiedzę. Dla systemów tych można w szczególności wyróżnić dwa zadania:

- wspomaganie przetwarzania informacji o dużej różnorodności i złożoności,
- integracja różnych metod i koncepcji wczesnego ostrzegania.

Wiedza — w szerokim rozumieniu — to zbiór informacji z jakiejś dziedziny. Wiedza w węższym rozumieniu charakteryzuje się ponadto następującymi cechami [Brdulak, 2005; Czerska, 2010; Matusek, 2010; Matusek, 2012; Matusek, Zoleński, 2012]:

- informacje tworzące wiedzę są ogólne, opisują przede wszystkim klasy obiektów (a nie obiekty indywidualne);
- wiedzę tworzą informacje o różnorodnej strukturze i treści. W znacznej części są to informacje jakościowe, słabo ustrukturyzowane, przybliżone, o różnym stopniu prawdziwości i pewności;
- twórcami i użytkownikami wiedzy są przede wszystkim ludzie. Wiedza związana jest głównie z inteligencją naturalną. Wyrażenie i rejestracja wiedzy, jej przekazywanie i przetwarzanie często odwo-

łuje się do modeli myślowych, które są subiektywne, niejednoznaczne, częściowo podświadome, zależą od stanów emocjonalnych i na ogół nie poddają się formalizacji.

Ponieważ tworzenie, przetwarzanie i użytkowanie wiedzy jest głównie domeną ludzi, zastosowanie informatycznych systemów operujących wiedzą napotyka wiele trudności.

Można wyróżnić dwa zasadnicze kierunki rozwoju tego typu systemów [Zoleński, 2007]:

1. Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie wiedzą (systemy wiedzy). Zadaniem takich narzędzi jest przede wszystkim wspomaganie użytkowników wiedzy, [Kwiatkowska, 2007; Szczęśniak, 2012], a więc ludzi zajmujących się jej pozyskiwaniem, tworzeniem, rejestrowaniem, strukturyzacją, porządkowaniem i przetwarzaniem.
2. Narzędzia sztucznej inteligencji (Artificial Intelligence – AI) [Apte, 2003; Knosala, 2002; Michalski, 2002]. Narzędzia AI umożliwiają algorytmiczne pozyskiwanie wiedzy (np. algorytmy indukcyjne, systemy uczące się wykorzystujące sztuczne sieci neuronowe lub algorytmy genetyczne) oraz automatyczne przetwarzanie wiedzy (np. systemy wnioskujące, uniwersalne solvery). Jednak przy aktualnym poziomie rozwoju metod sztucznej inteligencji, możliwości ich praktycznego wykorzystania są ograniczone. Najszersze zastosowanie mają systemy ekspertowe (SE). O wartości systemów ekspertowych decyduje wiedza, którą metodami inżynierii wiedzy pozyskuje się od ekspertów i przekształca na reprezentację formalną [Serman, 1997]. Dzięki temu możliwe jest przetwarzanie wiedzy (wnioskowanie) przy zastosowaniu stosunkowo prostych algorytmów logicznych.

W artykule przedstawiono koncepcje dwóch systemów wspomagających zarządzanie wiedzą tj. sieciowy system zarządzania wiedzą oraz system ekspertowy. Regułowy system ekspertowy (RSE) wykorzystuje oryginalne, autorskie rozwiązania, w tym samoorganizującą się tablicę reguł Horna – upraszczającą edycję i rejestrację baz wiedzy oraz przeliczająco-wnioskujące arkusze ekspertowe – łączące możliwości arkusza kalkulacyjnego (modele algebraiczne) z systemem ekspertowym wnioskującym w przód (modele logiczne). Obydwa typy systemów informatycznych, zarówno systemy wiedzy, jak i systemy ekspertowe, mogą znaleźć zastosowanie w zarządzaniu ryzykiem oraz w systemach wcze-

snego ostrzegania. Publikacja została sfinansowana ze środków na naukę w latach 2010–2013 jako projekt badawczy rozwojowy nr NR03-0112-10/2010 z dnia 09.12.2010 r.

1. Koncepcja Sieciowego Systemu Wiedzy SSW

Systemy wiedzy są narzędziami informatycznymi wspomagającymi użytkowników w operowaniu wiedzą. W szczególności powinny umożliwiać edycję, organizowanie (strukturyzację i porządkowanie) oraz wygodny dostęp do wiedzy. Wiedza istotnie różni się od danych, które zazwyczaj zawierają informacje o obiektach indywidualnych. Dane są informacjami dobrze ustrukturyzowanymi, dającymi się zorganizować.

Zarządzanie danymi polega przede wszystkim na ich porządkowaniu (strukturyzacja, indeksowanie, sortowanie), dzięki czemu możliwe jest łatwe wyszukiwanie żądanych informacji oraz sporządzanie wykazów danych (raportów) spełniających określone wymagania. Porządkowanie oraz wyszukiwanie, selekcja i filtracja przeprowadzane są automatycznie na podstawie dobrze określonych kryteriów formalnych. Ważnym elementem przetwarzania danych są też obliczenia liczbowe.

Zarządzanie wiedzą jest bardziej złożone. Można wymienić trzy przyczyny występujących tu problemów:

1. Konieczność rejestrowania informacji o bardzo zróżnicowanej formie i treści.
2. Brak ustalonej z góry struktury informacji. W przetwarzaniu informacji jakościowych ważną rolę odgrywa ich strukturyzacja, zwłaszcza ustanawianie relacji „całość – część” oraz „generalizacja – specjalizacja”. Utworzenie takich powiązań wymaga interpretacji informacji, nie można tego wykonać automatycznie.
3. Trudności operowania informacjami jakościowymi. Cechom jakościowym, w odróżnieniu od cech ilościowych, nie można przypisać relacji izomorficznych z relacją większości w zbiorze liczb rzeczywistych [Ajdukiewicz, 1975]. Konsekwencją tego jest m.in. brak możliwości algorytmicznego porządkowania informacji (określenia kolejności, selekcji) na podstawie kryteriów formalnych.

Aby rozwiązać powyższe problemy, konieczne jest:

- ustalenie pewnych standardów zapisywania wiedzy w postaci elementarnych obiektów, które łączą w sobie jednolitą strukturę formalną z możliwością rejestrowania różnych typów informacji;

- dysponowanie narzędziami informatycznymi umożliwiającymi ustanawianie relacji nadrzędności — podrzędności pomiędzy elementarnymi obiektami wiedzy;
- dysponowanie narzędziami wspomagającymi wartościowanie informacji jakościowych. Wartościowanie obiektów opisywanych cechami jakościowymi polega na dokonaniu oceny przypisującej obiektowi wartość liczbową. Wartościowanie należy do najważniejszych metod strukturyzowania słabo określonych problemów jakościowych, umożliwiając utworzenie modelu ilościowego, homomorficznego z odwzorowywanym problemem jakościowym.

Sieciowy system wiedzy SSW umożliwia operowanie wiedzą przedstawioną w postaci ujednoczonych obiektów elementarnych. Obiekty te można łączyć relacjami nadrzędności — podrzędności w dowolne struktury. Elementarny obiekt SSW łączy w sobie jednolitą strukturę formalną z możliwością rejestrowania różnych typów informacji (liczbowych, tekstowych, graficznych i innych, także bardziej złożonych). Struktura elementarnych obiektów wiedzy umożliwia przypisywanie różnych atrybutów: opisujących i interpretacyjnych, klasyfikacyjnych i wartościujących, werbalnych i liczbowych (np. liczba porządkowa, data aktualizacji, źródło informacji, ocena ważności, ocena wiarygodności), charakteryzujących informacje merytoryczne.

W systemie wiedzy ogólnego stosowania, jakim jest SSW, podstawową reprezentacją językową jest opis słowny (werbalny). Opis w języku naturalnym jest szczególnie użyteczny w przedstawianiu informacji jakościowych, słabo ustrukturyzowanych, odzwierciedlających sekwencyjne (np. dyskursywne) modele myślowe. Bogate słownictwo (leksyka) języka naturalnego umożliwia przedstawianie złożonych informacji w zwartej formie. Szerokie pole znaczeniowe (polimorfizm znaczeniowy) wielu wyrażen języka naturalnego umożliwia tworzenie skojarzeń oraz wyrażanie pojęć intuicyjnych, trudnych do przedstawienia w inny sposób, np. za pomocą języków formalnych.

W sieciowym systemie wiedzy SSW istnieje możliwość uzupełnienia opisu słownego dowolnym obiektem pakietu MS Office. Może to być obiekt graficzny, dźwiękowy, sekwencja wideo, dokument tekstowy MS Word, arkusz kalkulacyjny MS Excel itp. W szczególności możliwe jest dołączenie obiektów występujących w innych narzędziach informatycznych wspomagających SWO np. regułowego systemu ekspertowego RSE.

Elementarny obiekt wiedzy SSW zapisany jest w jednym rekordzie bazy danych o następującej strukturze (informacje merytoryczne obiektu wiedzy):

1. Etykieta (tytuł) — pole tekstowe, do 255 znaków (standardowo 100 znaków).
2. Podstawowy opis słowny (treść) — pole notatnikowe.
3. Dowolny obiekt MS Office — obiekt OLE.
4. Atrybuty opisujące i interpretacyjne:
5. Atrybuty liczbowe A1 ÷ A5 — pola liczbowe.
6. Atrybuty tekstowe At1 ÷ At3 — pola tekstowe, do 50 znaków.

Ponadto rekord zawiera pola pomocnicze, związane z obsługą systemu. Istnieje też możliwość wprowadzenia dodatkowych pól.

Rekordy zawierające elementarne obiekty wiedzy mogą być ze sobą połączone relacjami nadrzędności — podrzędności, tworząc strukturę sieciową (graf skierowany). Każdy rekord można połączyć z dowolną liczbą rekordów nadrzędnych i podrzędnych. Możliwe jest ustanowienie relacji tworzących pętlę. Można też rejestrować rekordy swobodne, nie powiązane z innymi rekordami.

System wiedzy obsługiwany jest w dwóch przełączalnych formularzach: <Kwerenda> i <Edycja>. Widok formularzy systemu SSW przedstawia rysunek 1.

Formularz <Kwerenda> zawiera tytuł jednego rekordu nagłówkowego i tablicę rekordów z nim związanych. Mogą to być rekordy nadrzędne lub podrzędne względem rekordu nagłówkowego. Informuje o tym odpowiedni komunikat. W dolnej części formularza znajdują się trzy grupy przycisków obsługujących system wiedzy:

- 1) Przyciski nawigacyjne:
 - <Wszystkie> — system pokazuje wszystkie rekordy, niezależnie od sposobu ich powiązania z innymi rekordami;
 - <Nadrzędne> — rekord bieżący zostaje umieszczony w nagłówku, a w tablicy zostają umieszczone wszystkie rekordy nadrzędne względem nagłówkowego;
 - <Podrzędne> — rekord bieżący zostaje umieszczony w nagłówku, a w tablicy zostają umieszczone wszystkie rekordy podrzędne względem nagłówkowego;
 - <Wróć> — ostatnia operacja zostaje anulowana.

Rysunek 1. Sieciowy system wiedzy SSW – formularze kwerendy i edycji

Nagłówek

Rekord nagłówekowy: Metody i koncepcje wczesnego ostrzegania

Rekordy podrzędne do nagłówkowego

Tytuł	A1	A2	A3
Metody systemów wąskoprofilowych, np. wczesne ostrzeganie przed pożarem.	0	0	0
Systemy alertowe	0	0	0
Analiza szeregów czasowych	0	0	0
Metody oparte o ekonometryczne modele przyczynowo-skutkowe	0	0	0
Metody łączące analizę wskaźnikową z metodami ekonometrycznymi (np. modele Z)	0	0	0
Operacyjne systemy wczesnego ostrzegania	0	0	0
Wskaźnikowe systemy wczesnego ostrzegania	0	0	0
► Koncepcja słabych sygnałów	0	0	0
Metody analizy strategicznej	0	0	0
Metody sztucznej inteligencji	0	0	0
Teoria katastrof	0	0	0
Modele przyczynowo-skutkowe	0	0	0
Metody heurystyczne	0	0	0

Rekord: 8 z 13

Wszystkie Nadzędne Podzędne Wytć Wybierz Połącz Rozłącz Nowy Usun Edycja

Edycja

Rekord nagłówekowy: Metody i koncepcje wczesnego ostrzegania

Rekordy podrzędne do nagłówkowego

Status	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A12	A13
►	0	0	0	0	0			

Koncepcja słabych sygnałów

Koncepcja słabych sygnałów w wyznaczaniu informacji wczesnego ostrzegania opiera się na założeniu, że istnieją stabilne, długotrwałe procesy, które rozpoczynają się w dalekim otoczeniu przedsiębiorstwa, dlatego znajdują się poza standardowym obszarem obserwacji. Słabe sygnały mogą pojawiać się w doniesieniach o kierunkach badań naukowych, rozpowszechnianiu się nowych idei, w poglądach i stanowiskach kluczowych osób lub organizacji politycznych, w doniesieniach o nowych inicjatywach prawnych. Określenie „słabe” (weak, faint) odnosi się do obserwowalności, nie do siły oddziaływania. Silne sygnały to informacje o takich czynnikach, które trudno przeoczyć, są stale obserwowane, znajdują się w centrum uwagi kierownictwa (np. wynik finansowy, wartość sprzedaży, kurs akcji przedsiębiorstwa). Istnieją różne przyczyny niedostrzeżenia w porę słabych sygnałów:

- Słabe sygnały są rozproszone i ich dostrzeżenie wymaga obserwacji i analizy szerokiej wiązki informacji (takie rozumienie słabych sygnałów wykracza poza koncepcję sformułowaną przez Ansoffa).
- Wpływ zagrożeń opisanych przez słabe sygnały ujawnia się dopiero po dłuższym czasie, dlatego w doraźnej obserwacji jest ignorowany. W zarządzaniu często występuje skłonność do koncentrowania się na doraźnych działaniach i efektach.

Rekord: 6 z 13

Wszystkie Nadzędne Podzędne Wytć Nowy Koniec edycji

Źródło: Opracowanie własne.

2) Przyciski łączenia i rozłączania rekordów:

- <Wybierz> i <Połącz> — przyciski wykorzystywane są do ustanowienia relacji pomiędzy rekordami;
- <Rozłącz> — połączenie między rekordem nagłówkowym a bieżącym rekordem w tabeli zostaje usunięte.

3) Przyciski dodawania, usuwania i edycji rekordów:

- <Nowy> — do bazy wiedzy zostaje dodany nowy rekord. Nowy rekord powiązany jest z rekordem nagłówkowym relacją nadrzędności lub podrzędności — stosownie do komunikatu w nagłówku. Jeżeli

pole komunikatu zawiera informację „Wszystkie rekordy”, to nowy rekord jest rekordem swobodnym;

- <Usuń> — z bazy wiedzy usuwany jest bieżący rekord oraz wszystkie związane z nim połączenia;
- <Edycja> — otwiera formularz <Edycja> i zamyka formularz <Kwerenda>.

Formularz <Edycja> różni się od formularza <Kwerenda> jedynie układem i rozmiarami pól. W formularzu tym pokazywany jest tytuł rekordu nagłówkowego i tylko jeden rekord nadrzędny lub podrzędny. Dzięki temu pole edycji treści może być odpowiednio duże. Formularz <Edycja> zawiera przyciski: <Wszystkie>, <Nadrzędne>, <Podrzędne>, <Wróć>, <Nowy> i <Koniec edycji>. Przycisk <Koniec edycji> zamyka formularz <Edycja> i otwiera formularz <Kwerenda>.

2. Koncepcja regułowego systemu ekspertowego (RSE) w systemie wczesnego ostrzegania (SWO)

System ekspertowy (SE) jest to program komputerowy używający wiedzy i procedur wnioskowania do rozwiązywania problemów o skali trudności na poziomie profesjonalisty w pewnej specyficznej dziedzinie [Niederliński, 2000].

Stosowanie SE powoduje zmianę paradygmatu tworzenia systemów informatycznych. Zamiast określać, jak rozwiązać problem i w jaki sposób zapisać niezbędne dane, twórca systemu dokonuje opisu tego, co jest problemem, a wiedza o problemie może być przedstawiona w postaci deklaratywnej. Konsekwencją zmiany paradygmatu programowania jest zmiana struktury programów. Programy konwencjonalne (proceduralne) utworzone są z algorytmów i struktur danych. Natomiast najważniejszymi składnikami systemów opartych na wiedzy są baza wiedzy specyficznej dla problemu oraz uniwersalny system wnioskujący.

Cechą charakterystyczną SE jest korzystanie z wiedzy przedstawionej przy pomocy modeli logicznych. Jeżeli rzeczywistą sytuację opisują zmienne liczbowe, to często przekształca się je na zmienne logiczne. Przykładowo, zamiast dokładnej wartości wyniku finansowego przedsiębiorstwa (zmienna liczbowa) w pewnych przypadkach wystarczy informacja, czy wynik finansowy jest dodatni (zmienna logiczna). Opis problemu jest wprawdzie mniej dokładny, ale znacznie prostszy. W szczególności nieskończona przestrzeń zmiennych liczbowych ciągłych zastąpiona jest skończoną przestrzenią zmiennych logicznych.

Rozmiary tej przestrzeni mogą być jednak w niektórych przypadkach bardzo duże ze względu na eksplozję kombinatoryczną [Błażewicz, 1988; Lipski, 2007; Papadimitriou, 2007].

Rozszerzeniem wnioskowania w logice dwuwartościowej jest wnioskowanie przybliżone. Stwierdzenie może mieć wtedy przybliżoną prawdziwość lub przybliżoną pewność. W wielu przypadkach zapewnia to lepsze odwzorowanie intuicyjnej wiedzy eksperta, lepszy opis modelu problemu i dostępnych danych. Wnioskowanie przybliżone łączy niektóre zalety modeli logicznych i modeli ciągłych, np. umożliwia stosowanie metod gradientowych w przeszukiwaniu przestrzeni rozwiązań. Wadą wnioskowania przybliżonego jest większa złożoność wiedzy i systemu wnioskującego.

Dla wspomagania pewnego typu zadań występujących w przedsiębiorstwach uzasadnione jest zastosowanie mikrosystemów ekspertowych. Mikrosystem ekspertowy jest niewielkim systemem, którego baza wiedzy tworzona jest doraźnie przez użytkowników [Zoleński, 2003].

Chociaż definicja mikrosystemu ekspertowego nie ma ściśle określonego zakresu znaczeniowego, istnieje jakościowa różnica między dużym SE a mikrosystemem. W tworzeniu dużego SE udział przyszłego użytkownika jest niewielki – użytkownik nie jest w stanie samodzielnie utworzyć dużej bazy wiedzy. W przypadku dużego SE oczekuje się, że efekty wynikające z jego eksploatacji będą duże. Dla mikrosystemu ekspertowego bazę wiedzy tworzy jego użytkownik. Doraźne korzyści ze stosowania mikrosystemów nie są zazwyczaj duże, ale dodatkowym efektem jest zdobycie doświadczeń z zakresu inżynierii wiedzy. Uczestniczenie użytkowników w tworzeniu bazy wiedzy, wnikliwe poznawanie zagadnień merytorycznych oraz opanowanie zasad formalizowania, dokumentowania i porządkowania wiedzy, może być ważniejsze od doraźnych korzyści związanych z użytkowaniem mikrosystemu. Baza wiedzy w mikrosystemach ekspertowych jest niewielka, tworzona na bieżąco przez użytkowników. Pracochłonność utworzenia bazy wiedzy nie jest większa od doraźnych korzyści wynikających z wykorzystania SE. Reprezentacja wiedzy jest prosta, zazwyczaj baza wiedzy zawiera od kilkunastu do kilkudziesięciu reguł. Zastosowanie konkretnej bazy wiedzy ma charakter doraźny. Czas użytkowania bazy reguł może być porównywalny z czasem jej tworzenia. Inicjatywa w znalezieniu zastosowania mikrosystemu ekspertowego należy do przyszłego

użytkownika, lub osób z bliskiego otoczenia, współpracujących z użytkownikiem. Zastosowanie mikrosystemu ma charakter lokalny.

2.1. Regułowy system ekspertowy (RSE)

W literaturze przedmiotu opisywane są różne koncepcje zastosowania systemów ekspertowych w rozwiązywaniu problemów wczesnego ostrzegania, m.in. system monitorowania kierownictwa [Kisielnicki, Sroka, 2005], system czasu rzeczywistego [Zieliński, 2000], wieloekspertowy system ostrzegania przed upadłością przedsiębiorstwa oparty na wiedzy metaeksperta, ekspertów opiniujących i ekspertów dziedzinowych [Twardowski, 2000], a także inteligentny SWO dla małych i średnich przedsiębiorstw [Wyskwarski, 2006].

System ekspertowy można też wykorzystać jako jedno z kilku narzędzi informatycznych wspomagających rozwiązywanie wybranych problemów wczesnego ostrzegania. Do problemów takich można zaliczyć m.in. utworzenie modelu zagrożenia o złożonej strukturze logicznej (np. niezawodnościowej), integrację różnych informacji związanych z wczesnym ostrzeganiem, wyjaśnianie i interpretację skomplikowanych, logicznych zależności przyczynowo-skutkowych (np. przez prezentację graficzną) lub przeprowadzenie symulacji badawczej procesów mogących być źródłem zagrożeń o charakterze zaskoczenia.

Regułowy system ekspertowy RSE przeznaczony jest do współpracy z niewielkimi modułami wiedzy (np. odpowiadającymi pojedynczej sytuacji wczesnego ostrzegania), które można integrować, tworząc większą bazę wiedzy. Wiedza w systemie RSE ma postać standardowych reguł Horna. Są to reguły (implikacje ekspertowe) z jednym wnioskiem, których części warunkowe mają postać koniunkcji stwierdzeń. Wniosek jest zawsze stwierdzeniem bez negacji. Przykładowo, implikację:

$$\text{Jeżeli } (a \wedge b) \vee (c \wedge d) \text{ to } e$$

przedstawia się przy pomocy dwóch reguł Horna:

$$\text{Jeżeli } (a \wedge b) \text{ to } e,$$

$$\text{Jeżeli } (c \wedge d) \text{ to } e.$$

Warunki i wnioski występujące w regułach są zdaniem logicznymi (a nie funkcjami zdaniowymi), czyli nie występują w nich zmienne. Rozwiązanie takie upraszcza budowę systemu wnioskującego i zapewnia stabilność jego działania. W procesie wnioskowania nie występuje eksplozja kombinatoryczna, nie jest też możliwe zapętlenie się systemu, jeżeli tylko reguły nie są sprzeczne zewnętrznie.

Baza wiedzy może mieć strukturę wielopoziomową (rysunki 2 i 3). System rozpoznaje poziom stwierdzeń i typ stwierdzenia, tj.:

- warunki dopytywalne, czyli stwierdzenia poziomu zerowego; stwierdzenia te nie są wnioskami żadnej reguły;
- wnioski końcowe, czyli stwierdzenia, które nie występują w części warunkowej żadnej reguły;
- wnioski pośrednie, czyli stwierdzenia będące jednocześnie wnioskami jednych reguł i warunkami innych.

Reguły i stwierdzenia mogą być dokładne lub przybliżone. W systemie zastosowano logikę trójwartościową z wartościami logicznymi: Prawda (1), Brak wiedzy (0), Fałsz (-1). W przypadku wnioskowania w logice przybliżonej (np. rozmytej), stwierdzeniom zamiast wartości logicznych przypisuje się współczynniki CF (*Certainty Factor*) z przedziału [-1, 1]. Współczynniki CF przypisuje się także regułom. Współczynniki CF reguł mają zazwyczaj wartości dodatnie, chociaż nie jest to bezwzględny wymóg systemu. Jeżeli stwierdzenie jest całkowicie prawdziwe i pewne, to odpowiada mu współczynnik $CF = 1$. Jeżeli stwierdzenie jest całkowicie nieprawdziwe i pewne, to odpowiada mu współczynnik $CF = -1$. W pozostałych przypadkach współczynnik CF jest bliżej nieokreśloną wypadkową prawdziwości i pewności [Cholewa, Pedrycz, 1987]. W przypadku stwierdzeń, których $CF \in (-\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$, na ogół przyjmuje się, że nie da się określić ich prawdziwości ani pewności (w logice trójwartościowej: brak wiedzy). Pomimo licznych zastrzeżeń natury teoretycznej, w systemach ekspertowych wnioskujących w logice przybliżonej najczęściej wykorzystuje się koncepcję współczynników CF. Takie rozwiązanie zastosowano też w RSE.

W skład systemu ekspertowego RSE wchodzi cztery moduły: narzędzia wspomagające interaktywną edycję baz wiedzy, wnioskująco-przeliczający arkusz ekspertowy, narzędzia graficznej prezentacji wiedzy i wizualizacji ścieżek wnioskowania oraz moduł symulacji procesów o złożonej strukturze logicznej.

2.1.1. Narzędzia wspomagające interaktywną edycję baz wiedzy

Reguły w większości systemów ekspertowych [*Expert Systems...*, 2002; Niederliński, 2000; Zieliński, 2000] mają postać wyrażen zbliżonych do zdań języka naturalnego. Wadą takiego zapisu jest konieczność powtarzania tych samych stwierdzeń, jeżeli występują w kilku różnych regułach. Ma to wszystkie niekorzystne konsekwencje związane z redundancją informacji, tj. duże rozmiary bazy wiedzy oraz anomalia

przy wstawianiu, usuwaniu i modyfikacji informacji. W szczególności istnieje możliwość wystąpienia błędów logicznych w przypadku popełnienia nawet niewielkiej pomyłki (np. literowej) przy wprowadzaniu lub modyfikacji stwierdzeń. W systemie RSE zaproponowano inne rozwiązanie. Baza wiedzy zapisana jest w samoorganizującej się tablicy reguł Horna. Każde stwierdzenie (warunek lub wniosek) zapisane jest tylko raz (rys. 2).

Rysunek 2. Arkusz ekspertowy i baza wiedzy w postaci tablicy reguł Horna w RSE

	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Poziom			CF	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
2		Etykieta	Stwierdzenie	s	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	s1	Niesprawność zespołu A1	1	n												
4	0	s2	Niesprawność podzespołu B1	1	n												
5	0	s3	Awaria innych elementów L1	-1	n												
6	0	s4	Niesprawność zespołu A2	-1		n											
7	0	s5	Niesprawność podzespołu B2	1		n											
8	0	s6	Awaria innych elementów L2	-1		n											
9	0	s7	Brak produktu w magazynie	1											t	t	t
10	0	s8	Zbyt niski stan magazynowy	-1						t			t				
11	0	s9	Zbyt wysoki stan magazynowy	1								n					
12	0	s10	Zamówienia poniżej 50% zd. prod.	1									t	t		t	
13	0	s11	Zamówienia powyżej 50% zd. prod.	1						n						t	
14	0	s12	Zamówienia powyżej 100% zd. prod.	1										t			t
15	1	s13	Linia produkcyjna L1 sprawna	-1,	w		t	t	n	n							
16	1	s14	Linia produkcyjna L2 sprawna	-1,		w	t	n	t	n							
17	2	s15	Gotowość techniczna dwóch linii	-1,			w							t			n
18	2	s16	Gotowość techniczna jednej linii	-1,				w	w								
19	2	s17	Dwie linie niesprawne	+1,						w	n	n				t	
20	3	s18	Produkcja na jednej linii	-1,							w	w					
21	3	s19	Produkcja na dwóch liniach	+1,									w	w			
22	3	s20	Niezdolność terminowej realizacji zamów	+1,											w	w	w

Źródło: Opracowanie własne.

Na przecięciu i -tego stwierdzenia i j -tej reguły R_j wprowadza się symbole „ w ”, „ t ”, „ n ” o następującym znaczeniu:

w — i -te stwierdzenie jest wnioskiem j -tej reguły R_j ,

t — i -te stwierdzenie występuje w postaci prostej (bez negacji) w części warunkowej j -tej reguły R_j ,

n — i -te stwierdzenie występuje w postaci zanegowanej w części warunkowej j -tej reguły R_j .

System RSE sygnalizuje błąd (wystąpienie formuł cyklicznych), gdy baza reguł wykazuje sprzeczność zewnętrzną, tj. wniosek reguły wystę-

puje — bezpośrednio lub pośrednio — w jej części warunkowej. System wyznacza bieżąco poziom stwierdzeń i poziom reguł. Użytkownik może uporządkować bazę wiedzy, sortując ją według poziomu stwierdzeń lub poziomu reguł. W systemie RSE baza wiedzy znajduje się w arkuszu <Tablica>.

2.1.2. Wnioskująco-przeliczający arkusz ekspertowy

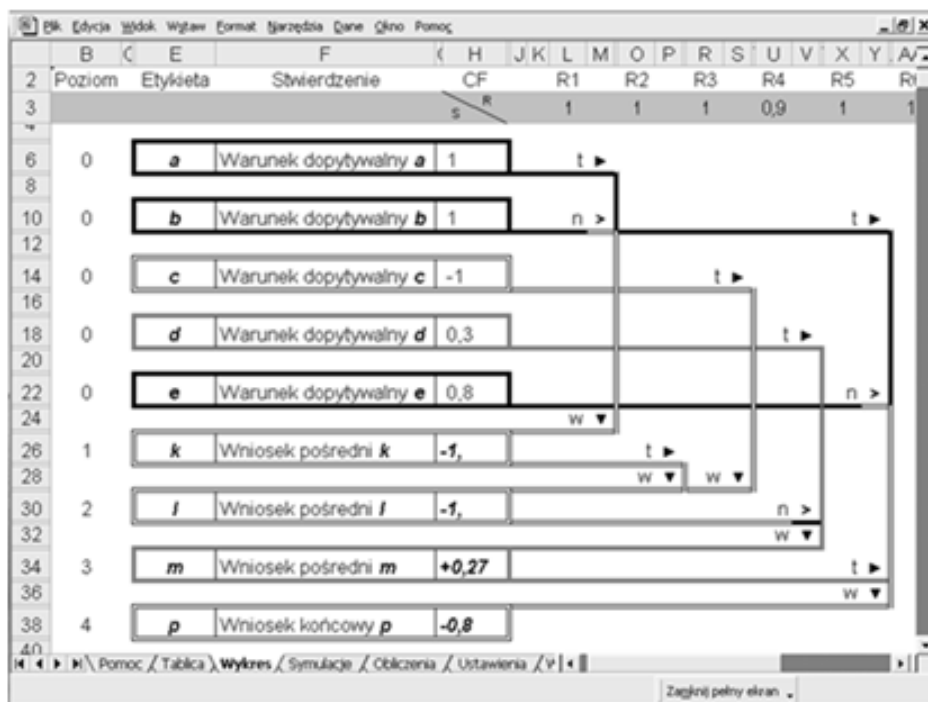
Tablica reguł Horna uzupełniona o pola edycji współczynników CF stwierdzeń i reguł, staje się arkuszem ekspertowym. Arkusz ekspertowy jest arkuszem kalkulacyjnym, w którego komórkach znajdują się odpowiednie formuły. Wprowadzenie wartości logicznych (lub CF) warunków dopytywalnych wyznacza wartości logiczne wniosków. Jeżeli użytkownik przypisze wartość logiczną stwierdzeniom nie będącym warunkami dopytywalnymi lub wprowadzi nieprawidłową wartość logiczną, to system sygnalizuje wystąpienie odpowiedniego błędu. Arkusz ekspertowy jest prostym i wygodnym systemem ekspertowym wnioskującym w przód, realizującym interaktywnie proces wnioskowania. Koncepcja wnioskowania w arkuszu wnioskującym zapewnia dużą elastyczność systemu. Użytkownik może zdefiniować własne formuły przekształcające zmienne liczbowe (lub zmienne innego typu) na zmienne logiczne. Podobnie można zdefiniować zasady przekształcania wartości logicznych wniosków na zmienne liczbowe. Arkusz ekspertowy wykorzystany do edycji reguł umożliwia bieżącą obserwację wpływu wartości logicznych stwierdzeń oraz struktury reguł i ich współczynników CF na wyniki wnioskowania; jest więc efektywnym narzędziem wspomagającym użytkownika w tworzeniu bazy wiedzy.

2.1.3. Narzędzia graficznej prezentacji wiedzy i wizualizacji ścieżek wnioskowania

Przedstawienie wiedzy w postaci graficznej pomaga zrozumieć jej wewnętrzną strukturę oraz zależności zachodzące pomiędzy regułami i grupami reguł. System RSE tworzy graficzną reprezentację wiedzy w postaci interaktywnych grafów. Baza wiedzy oraz odpowiadające jej grafy znajdują się w arkuszu <Wykres> (rysunek 3). Struktura grafu odpowiada strukturze arkusza ekspertowego. Graf nie tylko obrazuje strukturę wiedzy, ale przedstawia także ścieżki wnioskowania (schematy inferencyjne) w formacie odpowiadającym wartościom logicznym. Rozwiązanie takie umożliwia graficzne uzasadnianie wyprowadzonych wniosków. Użytkownik może zdefiniować formaty ścieżek odpowiadających wartościom logicznym. Modyfikacja reguł (wprowadzenie lub

usunięcie symboli „t”, „n”, „w”) powoduje interaktywną zmianę struktury grafu. Możliwa jest też wymiana (zapis i odczyt) wiedzy zgromadzonej w arkuszach <Wykres> i <Tablica>.

Rysunek 3. Graficzna reprezentacja wiedzy oraz ścieżki wnioskowania w RSE



Reguły:

R1: Jeżeli $(a \wedge \neg b)$ to k

R2, R3: Jeżeli $(c \vee k)$ to l

R4: Jeżeli $(d \wedge \neg l)$ to m

R5: Jeżeli $(b \wedge \neg e \wedge m)$ to p

Stwierdzenia:

$CF(k) = \text{Min}(CF(a), -CF(b)) = -1$

$CF(l) = \text{Max}(CF(c), CF(k)) = -1$

$CF(m) = CF(R4) \cdot \text{Min}(CF(d), -CF(l)) = 0,27$

$CF(p) = \text{Min}(CF(b), -CF(e), CF(m)) = -0,8$

Formaty ścieżek i obramowań:

				$0,5 \leq CF \leq 1$	Prawda
				$-0,5 < CF < 0,5$	Brak wiedzy
				$-1 \leq CF \leq -0,5$	Falsz

Źródło: Opracowanie własne.

2.1.4. Moduł symulacji procesów o złożonej strukturze logicznej

Procedura symulacyjna współpracuje z trzema arkuszami: <Tablica>, <Symulacje> i <Obliczenia>. Struktura logiczna (statyczna) symulowanego procesu opisana jest bazą wiedzy SE zawartą w arkuszu <Tablica>. Jednak w większości procesów rzeczywistych, oprócz zależności logicznych, występują też inne zależności, a w szczególności:

- zależności ilościowe pomiędzy cechami liczbowymi (wielkościami);
- zależności dynamiczne uwzględniające opóźnienia czasowe i kumulację w czasie. Elementarnymi układami, przy pomocy których można modelować większość zależności dynamicznych, są integratory;
- sprzężenia zwrotne. W statycznych zależnościach logicznych sprzężenia zwrotne są niedopuszczalnymi sprzecznościami zewnętrznymi. Sprzężenie zwrotne możliwe jest tylko wtedy, gdy występuje akumulator (pamięć poprzedniego stanu) zmiennych zależnych (czyli wniosków). Uwzględnianie stanów poprzednich powoduje pojawienie się dodatkowych zmiennych stanu. Procedura symulacyjna dopuszcza modelowanie sprzężeń zwrotnych, gdyż działa iteracyjnie, więc wartości logiczne warunków dopytywalnych wyznaczone są na podstawie wniosków z poprzedniej iteracji;
- oddziaływania zewnętrzne, czyli wymuszenia – deterministyczne i stochastyczne.

Zależności ilościowe, sprzężenia zwrotne oraz oddziaływania zewnętrzne mogą być uwzględnione w definicjach zdarzeń. Zdarzenia traktowane są jako warunki dopytywalne. Wystąpienie zdarzenia powoduje, że odpowiedniemu warunkowi dopytywalnemu przypisywana jest wartość logiczna <Prawda>.

Definicje zdarzeń zawiera arkusz <Symulacje>. W symulowaniu zdarzeń ważną rolę odgrywają integratory. Z każdym integratorem związane jest wejście, wyjście i warunek początkowy (WP). Warunek początkowy ustawiany jest na wyjściu integratora na początku każdej symulacji. Stała czasowa integratora jest równa jednostce czasowej. Podczas każdej iteracji do wyjścia integratora dodawana jest wartość wejścia podzielona przez stałą czasową, czyli przez liczbę iteracji w jednostce czasowej (parametr symulacji). Możliwe jest zdefiniowanie następujących trzech typów zdarzeń:

- zdarzenia losowe. Dla zdarzeń losowych definiuje się prawdopodobieństwo p wystąpienia zdarzenia w jednostce czasowej oraz maksymalny i minimalny czas zdarzenia (T_{\min} i T_{\max}). Rzeczywisty czas zdarzenia wyznaczany jest losowo (standardowo przyjmowany jest równomierny rozkład prawdopodobieństwa). Procedura symulacyjna po wylosowaniu zdarzenia wyznacza losowo czas zdarzenia. W przypadku generowania zdarzeń losowych statycznych należy przyjąć, że liczba iteracji w jednostce czasowej jest równa jedności, a $T_{\min} = T_{\max} = 1$;

- zdarzenia deterministyczne. Dla zdarzeń tych definiuje się czas trwania (początek i koniec), wykorzystując licznik czasu wyrażanego w jednostkach czasowych. Na początku każdej symulacji wartość licznika jest zerowana. Aby zdefiniować zdarzenie zależne tylko od czasu, należy w tablicy definicji zdarzeń wprowadzić odpowiednią formułę;
- zdarzenia zależne od przebiegu symulowanego procesu, czyli od stanu zmiennych logicznych lub liczbowych (wielkości). Formuły definiujące takie zdarzenia mogą korzystać ze wszystkich zmiennych w arkuszu <Symulacje>, tj. warunków dopytywalnych, wniosków, wyjść integratorów i licznika czasu. W przypadku bardziej złożonych zależności można dodatkowo wykorzystać formuły, stałe i zmienne zamieszczone w arkuszu <Obliczenia>.

Oprócz definicji zdarzeń arkusz <Symulacje> zawiera też pozostałe informacje, tj.:

- zapisy przebiegów czasowych wszystkich zmiennych procesu — zmiennych logicznych i zmiennych liczbowych (wielkości);
- zbiorcze wyniki symulowanych zmiennych logicznych, na podstawie których można utworzyć histogram zdarzeń;
- ustawienia parametrów symulacji. Parametrami są czas symulowanego procesu, liczba iteracji w jednostce czasowej oraz liczba symulacji, gdy ze względu na występowanie zdarzeń losowych symulację powtarza się wielokrotnie.

Jeżeli w symulowanym procesie przeważają czynniki deterministyczne, to celowe jest przedstawienie przebiegu procesu za pomocą wykresów czasowych. Wśród zmiennych procesu można wyróżnić:

- zmienne logiczne — warunki dopytywalne i wnioski;
- zmienne liczbowe odpowiadające wyjściom integratorów;
- dodatkowe zmienne; użytkownik może zdefiniować do 20 dodatkowych zmiennych dowolnego typu.

Jeżeli w symulowanym procesie przeważają czynniki losowe (np. symulacje wykorzystujące metody Monte Carlo), to symulacje na ogół powtarza się wielokrotnie. W takim przypadku tworzenie wykresów czasowych byłoby nieuzasadnione, natomiast celowe jest wyznaczenie zbiorczych wyników dla zmiennych logicznych, takich jak względny czas zdarzenia, minimalny i maksymalny czas zdarzenia oraz dane do histogramu przedstawiającego rozkład zdarzeń w różnych przedziałach czasowych. Informacje te zawarte są w arkuszu <Symulacje>. Prze-

działy czasowe histogramu można zdefiniować w odpowiednich komórkach arkusza <Symulacje>. Szczegółowe informacje, potrzebne do przeprowadzenia symulacji, zamieszczone są w arkuszu <Pomoc> systemu RSE. System ekspertowy RSE może w szczególności spełniać następujące funkcje:

- opis sytuacji charakteryzujących się złożoną strukturą logiczną (np. niezawodnościową);
- logiczno-algebraiczna integracja ocen cząstkowych w ocenie wielokryterialnej. Między innymi możliwa jest logiczno-algebraiczna agregacja wskaźników w systemach prognozowania upadłości;
- wyjaśnianie i interpretacja zależności przyczynowo-skutkowych o dużej złożoności logiczno-strukturalnej. W szczególności użyteczne jest graficzne przedstawienie struktury zależności oraz wizualizacja ścieżek wnioskowania;
- przeprowadzenie symulacji badawczej procesów o dużej złożoności logicznej. Procesy takie mogą być źródłem zagrożeń o charakterze zaskoczenia.

3. Przykład zastosowania RSE w systemie wczesnego ostrzegania (SWO)

Dla zbadania sytuacji finansowej podmiotów związanych z przedsiębiorstwem przemysłu budowy maszyn (kooperantów, klientów, dostawców) można zastosować jedną z procedur stosowanych w systemach prognozowania upadłości. Systemy prognozowania upadłości są szczególną kategorią systemów wczesnego ostrzegania. Poniżej przedstawiono analizę przeprowadzoną w jednym z przedsiębiorstw. Informacje dotyczące sytuacji finansowej wynikają z wyznaczenia (na podstawie dokumentacji przedsiębiorstwa) wartości wskaźników występujących w procedurze Frydmana. Strukturę logiczną procedury agregacyjnej, ścieżki wnioskowania oraz konkluzję przedstawia rysunek 4.

Aby zweryfikować informacje o braku zagrożenia, wyznaczono marginesy bezpieczeństwa dla tych wskaźników, które decydują o braku zagrożenia. Konkluzja o braku zagrożenia jest wnioskiem reguły R5, dla której warunkami dopytywalnymi są stwierdzenia s1 i s4 odnoszące się do wskaźników X_1 (maksymanta — wzór 1) i X_4 (minimanta — wzór 2).

$$\delta X_1 = 100\% \cdot \frac{X_1 - X_{1w}}{X_{1w}} \quad (1)$$

$$\delta X_4 = 100\% \cdot \frac{X_{4w} - X_4}{X_4} \quad (2)$$

Zmienne w obu wzorach oznaczają:

X_i — wartość i -tego wskaźnika,

X_{iw} — wartość wzorcowa i -tego odniesienia porównawczego.

Dla wskaźników tych marginesy bezpieczeństwa wynoszą:

$$\delta X_1 = 176,95\%, \quad \delta X_4 = 67,92\%.$$

Rysunek 4. Ocena badanego przedsiębiorstwa według procedury Frydmana — interpretacja graficzna

R1: Jeżeli ($\neg s1 \wedge \neg s2$) to $s5$

R2: Jeżeli ($s1 \wedge \neg s4$) to $s5$

R3: Jeżeli ($\neg s1 \wedge s2 \wedge \neg s3$) to $s6$

R4: Jeżeli ($\neg s1 \wedge s2 \wedge s3$) to $s7$

R5: Jeżeli ($s1 \wedge s4$) to $s7$

		$X_1 = 0,3625$		$X_2 = 0,12$		$X_3 = 0,0059$		$X_4 = 0,4154$	
Etykieta	Stwierdzenie	CF		R1	R2	R3	R4	R5	
		s	R	1	1	1	1	1	
s1	$X1 > 0,1309$	1		n >	t ▶	n >	n >	t ▶	
s2	$X2 > 0,1453$	-1		n >		t ▶	t ▶		
s3	$X3 > 0,025$	-1				n >	t ▶		
s4	$X4 \leq 0,6975$	1			n >			t ▶	
s5	Prognozowana upadłość	-1,		w ▼	w ▼				
s6	Prognozowane trudności finansowe	-1,				w ▼			
s7	Zdolność obsługi zobowiązań	+1,					w ▼	w ▼	

Źródło: Opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę powyższe wartości marginesów bezpieczeństwa, z dużą pewnością można potwierdzić prawdziwość informacji o braku bezpośredniego zagrożenia spowodowanego niekorzystną sytuacją finansową.

Zakończenie

W rejestrowaniu i strukturyzowaniu informacji jakościowych przydatny jest sieciowy system wiedzy SSW. W szczególności użyteczne jest zastosowanie obiektów wiedzy łączących jednolitą strukturę formalną z możliwością stosowania różnych reprezentacji językowych do opisu

informacji merytorycznych. Regułowy system ekspertowy RSE jest użyteczny w przetwarzaniu stosunkowo dobrze ustrukturyzowanych informacji jakościowych oraz informacji opisanych modelami logiczno-algebraicznymi. W prezentowanych koncepcjach wykorzystano oryginalne, autorskie rozwiązania:

- samoorganizująca się tablica reguł Horna, upraszczająca edycję i rejestrację baz wiedzy;
- przeliczająco-wnioskujące arkusze ekspertowe, łączące możliwości arkusza kalkulacyjnego (modele algebraiczne) z systemem ekspertowym wnioskującym w przód (modele logiczne);
- narzędzia wizualizacji struktury wiedzy i ścieżek wnioskowania;
- logika trójwartościowa (Prawda, Fałsz, Brak wiedzy), zapewniająca monotoniczne wnioskowanie w rozwiniętych bazach wiedzy.

Prezentowane narzędzia zostaną wykorzystane w budowanym systemie wspomagającym zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn. Zarówno koncepcja sieciowego systemu wiedzy jak i regułowy system ekspertowy zostaną wykorzystane w implementacji systemów: wczesnego ostrzegania, zarządzania ryzykiem kontraktu, gromadzenia i udostępniania wiedzy o dobrych i złych praktykach, wspomagania wyboru dostawcy.

Literatura

1. Ajdukiewicz K. (1975), *Logika pragmatyczna*, PWN, Warszawa.
2. Apte C.V., Hong S.J., Natarajan R., Pednault E.P.D., Tipu F.A., Weiss S.M. (2003), *Data-Intensive Analytics for Predictive Modeling*, „IBM Journal Research and Development” Vol. 47, No. 1.
3. Bendkowski J. (1993), *Informacja ekonomiczna w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
4. Błazewicz J. (1988), *Złożoność obliczeniowa problemów kombinatorycznych*, WNT, Warszawa.
5. Brdulak J. (2005), *Zarządzanie wiedzą a proces innowacji produktu*, SGH, Warszawa.
6. Cholewa W., Pedrycz W. (1987), *Systemy doradcze*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
7. Czerska M., Szpitter A. (2010), *Koncepcje zarządzania*, C.H. Beck, Warszawa.

8. *Expert Systems. The Technology of Knowledge Management and Decision Making for The 21st Century*, Academic Press (2002), Leondes C. (ed.), San Diego, CA.
9. Kisielnicki J., Sroka H. (2005), *Systemy informacyjne biznesu*, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa.
10. Knosala R. (2002), *Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji*, WNT, Warszawa.
11. Kwiatkowska A. (2007), *Systemy wspomaganie decyzji*, WN PWN, Warszawa.
12. Lipski W. (2007), *Kombinatoryka dla programistów*, WNT, Warszawa.
13. Łobejko S. (2005), *Systemy informacyjne w zarządzaniu wiedzą i innowacją w przedsiębiorstwie*, SGH, Warszawa
14. Matusek M., Zoleński W. (2012), *Modele wiedzy w rozpoznawaniu szans i zagrożeń*, *Kwartalnik Naukowy „Organizacja i Zarządzanie”* nr 4.
15. Matusek M. (2010), *Transfer of Knowledge in The New Product Development Process. Research in The Sector of Small and Medium Enterprises (SME)*, w: *Knowledge Management and Innovation in The Enterprises*, Publishing House of Poznan University of Technology, Poznan.
16. Michalski A. (2002), *Wykorzystanie technologii i systemów informatycznych w procesach decyzyjnych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
17. Niederliński A. (2000), *Regułowe systemy ekspertowe*, Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice.
18. Papadimitriou Ch. (2007), *Złożoność obliczeniowa*, WNT, Warszawa.
19. Serman J. D. (1997), *Expert Knowledge Elicitation to Improve Mental and Formal Models*, Working Paper No. 4686, MIT, Cambridge, MA.
20. Szczęśniak B. (2012), *Concept of Supportive Spreadsheet Application in The Survey of Production Departments' Satisfaction with Services of Maintenance Departments*, „*Scientific Journals Maritime*”, University of Szczecin, No. 32 (104).
21. Twardowski Z. (2000), *Model inteligentnego systemu wczesnego ostrzegania w bankowej ocenie ryzyka kredytobiorcy*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice.
22. Wyskwarski M. (2006), *Metoda budowy inteligentnego systemu wczesnego ostrzegania dla małego przedsiębiorstwa produkcyjnego*, Politechnika Śląska, Gliwice.
23. Zieliński J. (2000), *Inteligentne systemy w zarządzaniu*, WN PWN, Warszawa.

24. Zoleński W. (2007), *Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie wiedzą*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie z. 41, Gliwice.
25. Zoleński W. (2003), *Narzędzia wspomagające tworzenie systemów ekspertowych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie z. 15, Gliwice.

Streszczenie

Zintegrowany proces realizacji zamówienia w przedsiębiorstwach budowy maszyn odzwierciedla sieć w postaci etapów, zadań, aktywności i występujących współzależności między nimi. Takie współzależności między poszczególnymi etapami wynikają ze współzależności zadań oraz wymaganej wiedzy na każdym z tych etapów. W każdym etapie członkowie zespołu projektowego biorą aktywny udział w rozwiązywaniu problemów i podejmowaniu decyzji. Indywidualni członkowie zespołów są przydzielani do projektu z powodu ich formalnej wiedzy, umiejętności i doświadczenia, które są odpowiednie do realizacji zadań w projekcie. Zintegrowany proces musi być budowany i tak realizowany, aby wykorzystać indywidualną wiedzę poprzez przekształcenie jej w wiedzę zbiorową całego zespołu. Stąd system dzielenia się wiedzą jest ważnym aspektem w środowisku zintegrowanego projektu. W artykule przedstawiono koncepcje dwóch systemów wspomagających zarządzanie wiedzą tj. sieciowy system zarządzania wiedzą oraz system ekspertowy. Regułowy systemu ekspertowy (RSE) wykorzystuje oryginalne, autorskie rozwiązania: samoorganizująca się tablica reguł Horna – upraszczająca edycję i rejestrację baz wiedzy oraz przeliczająco-wnioskujące arkusze ekspertowe – łączące możliwości arkusza kalkulacyjnego (modele algebraiczne) z systemem ekspertowym wnioskowym w przód (modele logiczne). Obydwa typy systemów informatycznych, zarówno systemy wiedzy jak i systemy ekspertowe, mogą znaleźć zastosowanie w systemach wczesnego ostrzegania, zarządzaniu ryzykiem.

Słowa kluczowe

system ekspertowy, sieciowy system wiedzy

IT Tools Supporting Knowledge Management in The Engineering Industry Companies (Summary)

The integrated process of order in the machine-building enterprises reflects the comprehensive network in the form of stages, tasks, activities and present the dependencies between them. This interdependence between the various stages of the result of task dependencies and the required knowledge of each of these stages. At every stage of the project team members are actively involved in solving problems and making decisions. Individual team members are assigned to the project because of their formal knowledge, skills and experi-

ence that are relevant to the tasks in a project. Integrated process must be built and implemented so that the use of personal knowledge by transforming it into the collective knowledge of the entire team. Hence the system of knowledge sharing is an important aspect in the design of integrated environment. This paper presents the concepts of the two systems supporting knowledge management: the network management system knowledge and expert system. Rule-based expert system uses original, proprietary solutions: self-organizing Horn board rules — simplifies editing and recording knowledge bases. Both types of systems can be used in early warning systems, risk management.

Keywords

expert system, network management system

