

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE ZARZĄDZANIA PROCESEM LOGISTYCZNYM PRZY WYKORZYSTANIU WIEDZY EKSPERCKIEJ

Zbigniew BUCHALSKI

Streszczenie: W pracy przedstawiono pewną koncepcję systemu ekspertowego KOMPLOGIS wspomagającego dyspozytora firmy spedycyjnej. Podano podstawowe założenia budowy tego systemu, jego strukturę oraz opis funkcjonowania systemu. Praca zawiera implementację komputerową systemu KOMPLOGIS. Zaprezentowano mechanizm akwizycji wiedzy oraz przebieg procesu wnioskowania na elementach bazy wiedzy systemu.

Słowa kluczowe: techniki komputerowe w logistyce, systemy ekspertowe, komputerowe wspomaganie procesów decyzyjnych.

1. Wstęp

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

W ostatnich latach 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, 4, 5]. Szczególnie zauważalne jest zastosowanie systemów ekspertowych na prężnie rozwijającym się rynku usług logistycznych.

Logistyka to proces polegający na planowaniu, realizowaniu i kontrolowaniu sprawnego, a przede wszystkim opłacalnego przepływu towarów. Obejmuje ona zakresem swoich działań między innymi: obsługę klienta, przyjmowanie i realizację zamówień, transport wewnętrzny i zewnętrzny oraz przepływ i gromadzenie informacji. Najczęściej definicję logistyki sprowadza się do stwierdzenia, że jest to proces zarządzania całym łańcuchem dostaw [6, 7, 8, 9]. Za główną i w obecnych czasach nieodzowną część działań logistycznych przyjmuje się spedycję. Ogólnie spedycję można przedstawić jako uporządkowany ciąg czynności mających na celu zorganizowanie i zapewnienie dostawy towaru od producenta do ostatecznego odbiorcy.

Firmy spedycyjne muszą rozwiązać w krótkim czasie wiele trudnych problemów transportowych od wyniku których uzależniona jest ich ostateczna sytuacja finansowa. Problemy te dotyczą m.in. obsługi zamówień, przydziału odpowiedniego środka transportu do przewozu, obsługi klientów, powiększania bazy transportowej o nowe pojazdy, oceny opłacalności wykonywanych zleceń, itp. Ze względu na złożoność problemów, ich dużą liczbę, a także na konieczność łącznego rozpatrywania, znalezienie właściwego rozwiązania nie należy do zadań łatwych. Dlatego też w tak prężnie rozwijającej się branży,

gdzie szybkie działanie a przede wszystkim trafne podejmowanie decyzji staje się niekiedy jedyną drogą do sukcesu zastosowanie systemów ekspertowych staje się wręcz niezbędne. W niniejszej pracy przedstawiono pewną koncepcję systemu ekspertowego o nazwie KOMPLOGIS wspomagającego dyspozytora firmy spedycyjnej w podejmowaniu optymalnych decyzji. Podano podstawowe założenia budowy tego systemu, jego strukturę, opis podstawowych funkcji realizowanych przez system oraz jego implementację komputerową. Praca zawiera również opis przebiegu procesu wnioskowania oraz wyniki badań testujących przeprowadzonych przy wykorzystaniu systemu KOMPLOGIS.

2. Cel i założenia budowy systemu KOMPLOGIS

Podstawowym założeniem budowy systemu KOMPLOGIS było to, aby mógł on sprostać najważniejszym spedycyjnym problemom decyzyjnym i był pomocnym narzędziem wspomagającym pracę dyspozytora firmy spedycyjnej. Przystępując do budowy systemu ekspertowego KOMPLOGIS zastosowano się do podstawowych zasad tworzenia systemów ekspertowych. Przed rozpoczęciem prac została przeprowadzona dogłębna analiza tematu w celu właściwego zrozumienia zagadnienia oraz wytyczenia odpowiedniego kierunku działań. Na tym etapie zapoznano się z kluczowymi zagadnieniami dotyczącymi usług logistycznych i spedycji. Sprawdzono, czy na rynku istnieją podobne systemy oraz jakie jest zapotrzebowanie na tego typu systemy. W efekcie tych prac zostały utworzone podstawowe założenia dotyczące budowanego systemu.

Do najistotniejszych założeń budowy systemu KOMPLOGIS należy zaliczyć:

- wspieranie dyspozytora firmy transportowej,
- ustalanie możliwości przewozu,
- pomoc w przyporządkowaniu odpowiedniego pojazdu do danego zlecenia przewozu,
- usprawnienie obsługi zleceń (przydział zleceń do przewozów),
- wykonanie licznych analiz (ekspertyz) umożliwiających „przeгляд” stanu finansowego firmy, bazy transportowej i pracy kierowców,
- świadczone usługi spedycyjne ograniczone są wyłącznie do rynku krajowego,
- praca wykonywana jest przy użyciu jednego rodzaju środka przewozowego – samochodu.

Poza tymi założeniami istnieje konieczność dostępu do bazy danych firmy spedycyjnej. Wiąże się to z koniecznością posiadania informacji m.in. dotyczących tego, jakie samochody dana firma posiada, czy są one dostępne lub czy są w stanie przewieźć dany towar.

Baza danych firmy spedycyjnej powinna zawierać m.in. następujące dane:

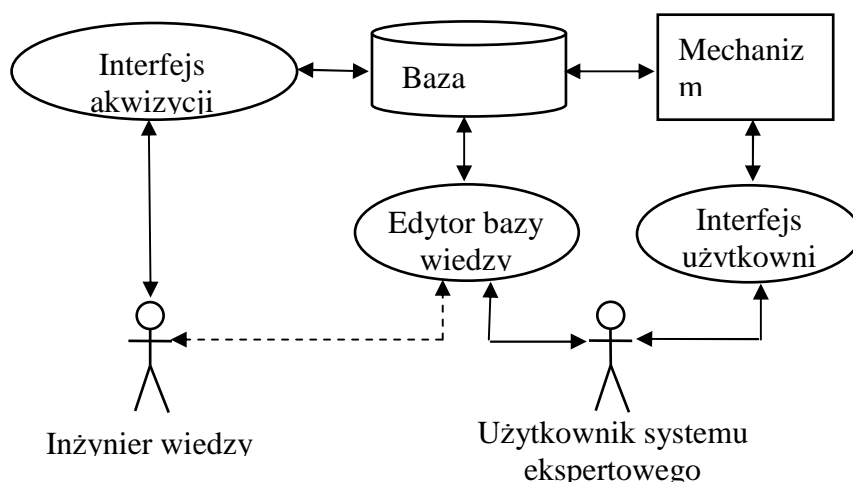
- wykaz pojazdów będących w posiadaniu firmy spedycyjnej,
- wykaz wszystkich wykonanych napraw serwisowych,
- wykaz zatrudnionych kierowców,
- wykaz zleceniodawców (klientów),
- wykaz wszystkich złożonych zamówień oraz wykonywanych przejazdów,
- wykaz kosztów ponoszonych przez firmę spedycyjną związanych z wykonywaną działalnością.

Po przeprowadzeniu dogłębnej analizy zagadnienia i określeniu założeń przystąpiono do procesu gromadzenia niezbędnej wiedzy. Wiedza wprowadzana do bazy wiedzy systemu KOMPLOGIS pochodziła z wielu źródeł. Proces jej gromadzenia był długotrwały

i pracochłonny. W wyniku tych prac wyposażono system KOMPLOGIS w taką wiedzę i mechanizmy funkcjonowania systemu, aby wykonywane przez niego analizy (ekspertyzy) obejmowały jak najszerszy zakres działalności firmy spedycyjnej.

3. Struktura systemu KOMPLOGIS

Na poniższym rysunku przedstawione zostały podstawowe elementy systemu ekspertowego KOMPLOGIS wraz z ich powiązaniem ze środowiskiem zewnętrznym, czyli osobami mającymi dostęp do systemu:

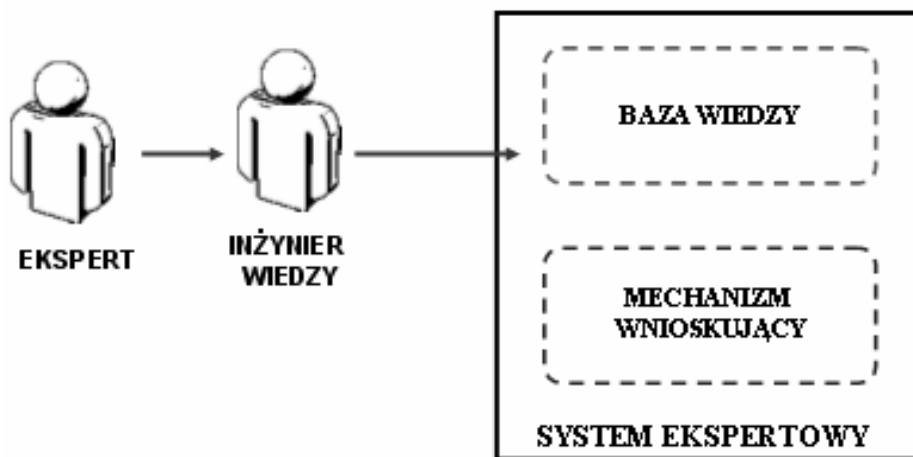


Rys. 1. Struktura systemu KOMPLOGIS

Podstawowe cele i zadania poszczególnych elementów wchodzących w skład systemu KOMPLOGIS są następujące:

- **Interfejs akwizycji wiedzy** służy *inżynierowi wiedzy* do wprowadzania wiedzy w strukturalizowanej postaci do *bazy wiedzy*. Jeżeli baza wiedzy jest plikiem tekstowym, można posłużyć się zwykłym edytorem plików tekstowych.
- **Edytor bazy wiedzy** służy *użytkownikowi systemu ekspertowego* do modyfikacji wiedzy zawartej w *bazie wiedzy*.
- **Interfejs użytkownika** pełni funkcję komunikacyjną pomiędzy systemem KOMPLOGIS a użytkownikiem podczas przeprowadzania procesu wnioskowania. Umożliwia systemowi ekspertowemu zadawanie użytkownikowi pytań i przedstawianie mu rezultatów procesu wnioskowania, natomiast użytkownikowi umożliwia wpływanie na proces wnioskowania poprzez udzielanie odpowiedzi.
- **Baza wiedzy** zawiera wiedzę ekspercką z zakresu logistyki i stanowi podstawowy komponent systemu ekspertowego KOMPLOGIS. Jest ona zbiorem definicji, faktów, pojęć i relacji między nimi oraz reguł wnioskowania. Budowa bazy wiedzy polegała na sformalizowaniu wiedzy zebranej od wielu ekspertów i przetworzeniu jej na kod interpretowany przez system komputerowy. Pozyskaniem wiedzy eksperckiej oraz jej formalizacją, czyli zapisem za pomocą określonego języka

reprezentacji wiedzy, zajmuje się informatyk, tzw. inżynier wiedzy. Inżynier wiedzy, to niejako nowa profesja powstała na gruncie sztucznej inteligencji. Proces nabywania wiedzy jest na ogół czynnością bardzo pracochłonną. Schemat klasycznego procesu nabywania wiedzy i roli jaką odgrywa w tym procesie inżynier wiedzy przedstawiono na poniższym rysunku:



Rys. 2. Klasyczny proces nabywania wiedzy – rola inżyniera wiedzy

- **Mechanizm wnioskujący** stanowi zespół rozkazów, które wykorzystują, przetwarzają i prezentują zawarte w bazie wiedzy systemu KOMPLOGIS reguły i fakty. Zadaniem tego mechanizmu jest sformułowanie na podstawie połączenia reguł i faktów odpowiedzi dla użytkownika systemu.

4. Funkcje systemu KOMPLOGIS

System ekspertowy KOMPLOGIS wyposażono w szereg funkcji, dzięki którym spełnia on swoje podstawowe zadanie, jakim jest efektywne wspomaganie pracy dyspozytora firmy spedycyjnej w osiągnięciu głównego celu – minimalizacji kosztów i maksymalizacji zysków firmy.

Podstawowe funkcje systemu KOMPLOGIS są następujące:

- 1) **Pomoc w doborze przydziału odpowiedniego pojazdu oraz kierowcy do danego zlecenia przewozu.** System KOMPLOGIS udziela m.in. porad dotyczących wyboru optymalnego pojazdu do danego przewozu. Dokonuje takiego wyboru pojazdu oraz kierowcy, aby spełnione były wszystkie warunki przewozowe. Dzięki temu firma uwolniona jest od niepotrzebnych strat wynikających z nieodpowiednich przydziałów.
- 2) **Usprawnienie obsługi zleceń.** Realizowane jest to m.in. dzięki pomocy w przyporządkowaniu danego zlecenia do konkretnego przewozu uwzględniając takie elementy, jak czas wykonania, miejsce przeznaczenia, wagę towaru, itp. System KOMPLOGIS opatrzony został również w „mechanizm” kontrolujący terminowość wykonywania zleceń. Dzięki niemu użytkownik systemu, a co za tym idzie firma

spedycyjna, może w porę zorientować się o terminie wykonania przejazdu, a tym samym uniknąć niepotrzebnych strat finansowych wynikających z niedotrzymania terminu wykonania zlecenia.

- 3) **Pomoc w udzielaniu odpowiednich bonifikat (upustów) dotyczących klientów firmy.** Jest to niezwykle istotna funkcja, wpływająca na znaczne usprawnienie pracy firmy spedycyjnej. W większości przypadków firmy spedycyjne stosują mało przejrzysty system rabatów. Zawarta w systemie wiedza pozwala w sposób jasny ustalić poziomy bonifikat dla stałych klientów.
- 4) **Proponowanie cen za oferowane usługi (zlecenia).** Dzięki zawartej wiedzy system KOMPLOGIS może pomóc użytkownikowi w oszacowaniu odpowiedniego kosztu wykonania zlecenia. Koszt ten uzależniony jest od szeregu czynników, do których należy zaliczyć przede wszystkim:
 - aktualną cenę paliwa,
 - odległość do pokonania i współczynnik spalania paliwa – oba parametry zależne są od wagi przewożonego towaru,
 - współczynnik przewożonego towaru – koszt uzależniony jest od rodzaju towaru. Użytkownik systemu KOMPLOGIS ma wybór spośród dwóch typów: towary niepsujące się oraz towary szybko psujące się. Różnice kosztowe wynikają przede wszystkim z potrzeby wykorzystania różnych typów pojazdów oraz trudności przewozowych,
 - współczynnik zlecenia – różnice w koszcie wynikają z rodzaju zlecenia – cykliczne bądź jednorazowe,
 - marża – każda firma posiada wyznaczoną marżę, która musi być uwzględniona w procesie wyznaczania kosztu przewozu,
 - współczynnik klienta – koszt zależny jest od aktualnego statusu klienta, a więc udzielonych rabatów (upustów).

Proces wyceny usług przewozowych jest niezwykle istotny z punktu widzenia każdej firmy spedycyjnej, gdyż bezpośrednio wpływa na jej ostateczną sytuację finansową oraz kontakty z klientami.

- 5) **Planowanie procedur dotyczących pojazdów, kierowców i kosztów działalności firmy.** Jest to kolejna niezwykle przydatna funkcja. Dzięki niej praca w firmie spedycyjnej może być wykonywana planowo i rzetelnie. Znika obawa o nieterminowe wykonanie niezbędnych czynności, np. opłacenie ubezpieczenia OC.
- 6) **Dokonanie szeregu analiz (ekspertyz) dotyczących działalności firmy.** Wyniki analizy pozwalają zapoznać się z aktualnym stanem finansowym firmy. Dzięki nim dyspozytor (użytkownik systemu) dowiaduje się m.in. o tym, czy firma przynosi zyski czy straty, jakie popełnione są błędy odnośnie prowadzonej działalności, co powinno zostać wyeliminowane w celu poprawy osiągniętych wyników, itp.

System ekspertowy KOMPLOGIS umożliwia dokonanie szeregu analiz, m.in.:

- analizy finansowej – analizy stanu finansowego firmy we wskazanym okresie,
- analizy ilościowej – umożliwia wykrycie ewentualnych strat wynikających z odrzuconych zleceń. Program umożliwia sprecyzowanie wyboru zakresu analizy do czterech możliwości:
 - kierowcy – system informuje o ewentualnej potrzebie zatrudnienia nowego kierowcy ze względu na zbyt duże straty poniesione przez firmę z powodu odrzuconych zleceń wynikających z braku kierowcy,
 - pojazdy typu chłodnia – system informuje o ewentualnej potrzebie zakupu

- pojazdu typu chłodnia ze względu na zbyt duże straty poniesione przez firmę z powodu odrzuconych zleceń wynikających z braku pojazdu tego typu,
- pojazdy o odpowiedniej nośności – system informuje o ewentualnej potrzebie zakupu pojazdu o dużej nośności ze względu na zbyt duże straty poniesione przez firmę z powodu odrzuconych zleceń wynikających z braku pojazdu tego typu,
- zlecenia stałe – system informuje o liczbie stałych zleceń. Komunikat wskazuje m.in. na ewentualną potrzebę zwiększenia zleceń stałych, bądź ich całkowity brak.
- analizy pracy kierowców – szczegółowej analizy pracy każdego kierowcy ze wskazaniem na ilość wykonywanych przewozów,
- analizy pracy pojazdów – szczegółowej, wielowariantowej analizy pracy pojazdów będących w posiadaniu danej firmy spedycyjnej,
- analizy zleceń – analizy uwzględniającej przede wszystkim takie wartości, jak: wysokość przychodów z podaniem rodzaju zlecenia, określenie wysokości strat z ewentualnych zleceń niezrealizowanych,
- rentowności wykonanych przewozów – analizy rentowności wszystkich wykonanych przez firmę (w podanym przedziale czasowym) przewozów,
- reklamy firmy – analizy reklamy firmy, mówiącej przede wszystkim o jej braku bądź potrzebie zwiększenia wydatków na tego typu usługi.

7) **Zarządzanie bazą danych z poziomu systemu.** System ekspertowy KOMPLOGIS zbudowano w taki sposób, aby istniała możliwość łatwego i szybkiego wprowadzania, edycji bądź usuwania danych z bazy danych bezpośrednio z poziomu programu. Opcja ta w znacznym stopniu zwiększa funkcjonalność utworzonego systemu. Dzięki zastosowaniu takiej opcji korzystanie z dodatkowych programów, które musiałyby być połączone z systemem KOMPLOGIS staje się zbędne.

Według przyjętych założeń system ekspertowy KOMPLOGIS musi mieć dostęp do bazy danych firmy spedycyjnej. Jego sprawne działanie, wykonywanie pożądaných operacji, rozwiązywanie problemów zależy od posiadanych informacji. System musi m.in. mieć dostęp do danych dotyczących tego, jakie samochody firma posiada, czy są one dostępne lub czy są w stanie przewieźć określony towar, czy dostępni są kierowcy dla danego przewozu, itp. W tym celu utworzono bazę danych, w której zawarto wszystkie niezbędne informacje dotyczące działalności firmy spedycyjnej.

5. Implementacja komputerowa systemu KOMPLOGIS

Dokonano implementacji komputerowej systemu KOMPLOGIS w postaci programu o takiej samej nazwie. Do realizacji programu KOMPLOGIS wybrano następujące narzędzia informatyczne:

- obiektowy język programowania C++,
- kompilator Borland C++Builder5,
- bazę danych typu Paradox 7.

Głównymi zaletami takiego wyboru są bogate możliwości języka C++. Borland C++Builder5 łączy w sobie charakterystyczne cechy środowiska typu RAD (ang. *Rapid Applications Development*), czyli błyskawiczne tworzenie aplikacji, dzięki czemu przy wykorzystaniu w pełni obiektowej biblioteki VC proces tworzenia interfejsu użytkownika jest znacznie ułatwiony, a stworzona w ten sposób aplikacja jest oryginalna pod względem

wizualnym [10, 11, 12, 13]. Borland C++Builder5 pozwala na stworzenie aplikacji korzystających z różnych systemów zarządzania bazami danych. Sam proces połączenia z wybraną bazą danych i manipulacja danymi w niej zgromadzonymi jest stosunkowo prosty. Proces tworzenia bazy danych systemu KOMPLOGIS przebiegał w trzech etapach:

Etap 1. Zaprojektowanie bazy danych w aspekcie logicznym, czyli m.in. zdefiniowanie tabel oraz należących do nich pól, ustalenie kluczy, zdefiniowanie relacji.

Etap 2. Implementacja projektu logicznego w konkretnym pakiecie oprogramowania bazodanowego. Wymagało to utworzenia tabel, określenia pól kluczowych i relacji oraz wykorzystania dostępnych narzędzi do zagwarantowania integralności danych.

Etap 3. Etap odnoszący się do utworzenia odpowiedniej aplikacji umożliwiającej interakcję z danymi przechowywanymi w bazie danych.

Do konstrukcji bazy danych systemu KOMPLOGIS wykorzystano narzędzie Database Desktop, które pozwala głównie na wygodne zarządzanie oraz tworzenie struktur tabel relacyjnych baz danych. Narzędzie to pozwala na tworzenie tabel standardowych typów baz danych. Istnieje możliwość szybkiej i wygodnej konstrukcji tabel wykorzystując w tym celu język SQL (*ang. Structured Query Language*) [13].

W procesie tworzenia bazy danych systemu KOMPLOGIS zastosowano tabelę typu Paradox 7. Proces konstrukcji poszczególnych tabel przebiegał w następujący sposób:

1. Uruchomienie programu Database Desktop.
2. Zapis tabeli w czytelnej postaci SQL.
3. Wybór typu tabeli (dostępne: Paradox lub dBASE), która ma być utworzona na podstawie zapytania SQL.
4. „Uruchomienie SQL” – utworzenie tabeli typu Paradox.
5. Wprowadzanie danych, ewentualne modyfikacje struktury utworzonej tabeli.

Wybór relacyjnej bazy danych w postaci Paradox firmy Borland uzasadnia duża zgodność z pakietem Borland C++Builder5. Tabele bazy Paradox są bardziej uniwersalne od innych typów baz danych i posiadają wiele przydatnych właściwości niedostępnych w innych typach tabel. Tworząc tabelę typu Paradox 7, można określić m.in. kontrolę poprawności wprowadzanych danych oraz zapewnić zabezpieczenie tabeli hasłem.

System ekspertowy KOMPLOGIS zbudowano w taki sposób, aby istniała możliwość łatwego i szybkiego wprowadzania, edycji bądź usuwania danych z bazy danych bezpośrednio z poziomu programu. Użytkownik pracujący z systemem KOMPLOGIS ma więc możliwość dokonania zmian informacji zawartych w bazie danych, przykładowo może dodać nowy pojazd, jeśli firma takowy zakupiła, bądź usunąć stary. Umożliwia mu to odpowiednio skonstruowany interfejs programu.

Zarządzanie bazą danych z poziomu programu nie ogranicza się wyłącznie do edycji, wprowadzania, bądź usuwania danych dotyczących pojazdów będących w posiadaniu firmy. Użytkownik systemu ekspertowego KOMPLOGIS ma również możliwość dostępu do innych pozycji bazy danych. Dotyczy to danych odnośnie kierowców, klientów, serwisu, kosztów firmy oraz zleceń i przewozów.

Dodanie, edycję bądź usunięcie danych dotyczących pracowników firmy spedycyjnej umożliwia okno „Kierowcy”. Zawiera ono podstawowe informacje odnośnie kierowców zatrudnionych w danej firmie: numer ewidencji podatkowej pracownika (NIP), imię, nazwisko oraz datę zatrudnienia. Wprowadzono również dodatkową pozycję – opis. Umożliwia to wprowadzenie dodatkowych informacji na temat wybranego kierowcy, np. uwag, danych kontaktowych, itp.

Każda sprawnie funkcjonująca firma spedycyjna musi posiadać dostęp do informacji odnośnie serwisu pojazdów. Jest to niezbędny element, aby sprawnie a przede wszystkim

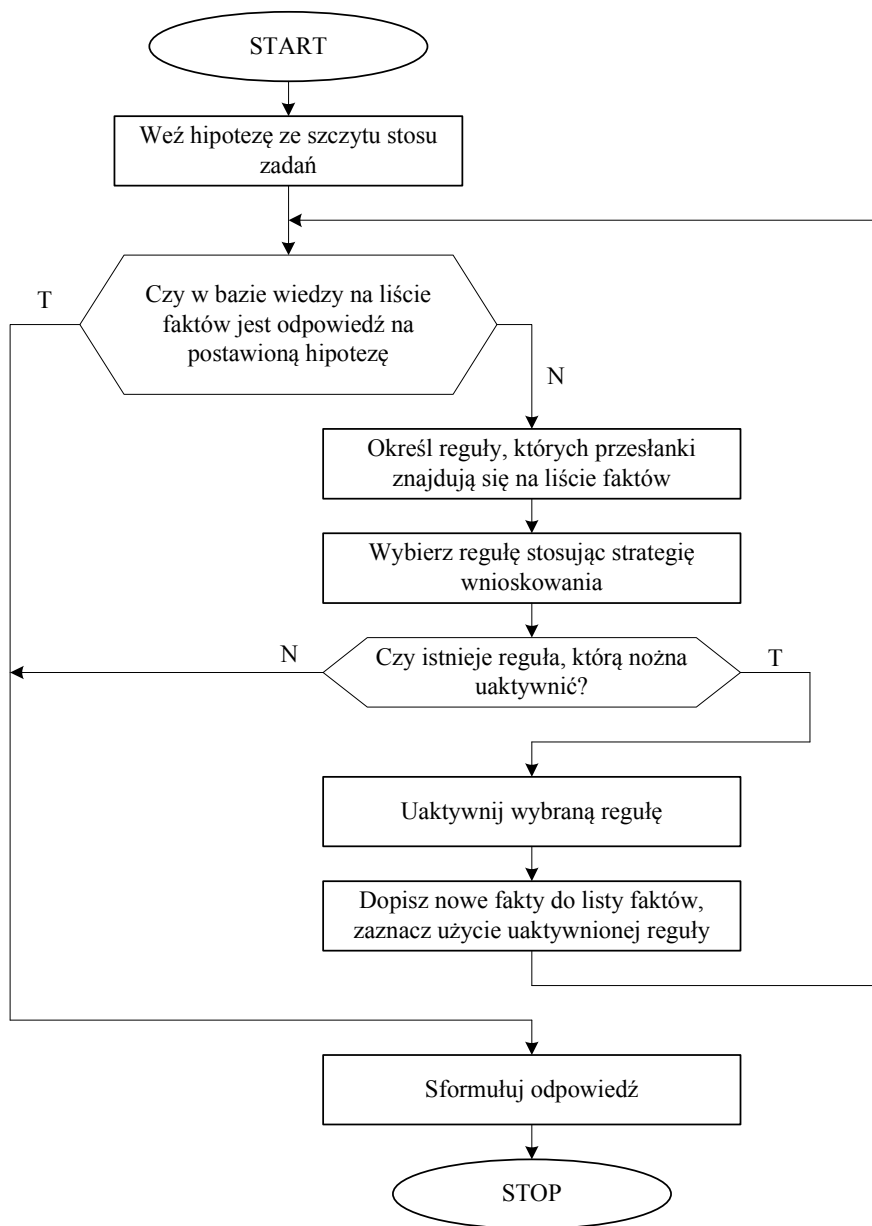
poprawnie przydzielić odpowiedni pojazd do danego zlecenia przewozu. Dlatego tworząc system ekspertowy KOMPLOGIS zadbano o to, aby baza danych firmy posiadała również informacje tego typu. Do tego typu danych umożliwiono dostęp bezpośrednio z programu. Dzięki temu użytkownik systemu KOMPLOGIS na bieżąco może m.in. przeglądać lub dodawać informacje odnośnie wykonywanych serwisów.

W ciągle zmieniających się warunkach gospodarczych niektóre z danych potrzebnych do działania programu KOMPLOGIS nie muszą być umieszczane bezpośrednio w jego kodzie. Dotyczy to m.in. ceny paliwa, która jak wiadomo jest bardzo istotnym parametrem podczas ustalania cen za zlecenie bądź przewóz. Dlatego też dla potrzeb programu stworzone zostało dodatkowe okno o nazwie „Parametry programu” dostępne poprzez menu „Narzędzia □ □ Parametry”. Zawiera ono podstawowe dane dotyczące firmy, przyjętych przez nią strategii działania oraz aktualnej ceny paliwa i ustalonych cen za nocleg.

Dane wprowadzone za pomocą okna „Parametry programu” zapisane zostają w pliku tekstowym „Params.ini”. Dzięki temu wspomniana możliwość zmian jest procesem szybkim i nie wymagającym bezpośredniej ingerencji w kod programu. Wstawianie tego typu danych bezpośrednio do kodu źródłowego spowodowałoby zmniejszenie użyteczności programu. Programista musiałby zmieniać kod źródłowy za każdym razem gdy jeden z parametrów uległby zmianie. Dla przykładu cena paliwa jest wartością zmienną, potrafi w bardzo krótkim czasie ulec zmianie. Bez możliwości korekty tej ceny wszelkie udzielone przez system KOMPLOGIS informacje np. o cenie zlecenia byłyby błędne. Inną istotną daną jest informacja dotycząca nazwy firmy, w której wdrożono program oraz miejscowości bazowej. System KOMPLOGIS budowano z myślą o jego uniwersalności. Dzięki zastosowaniu możliwości wprowadzenia zmiany nazwy firmy i miejscowości oraz innych podstawowych parametrów zakłada się, że system może być zastosowany do obsługi innych firm. Przyczynia się do tego oczywiście również wspomniana wcześniej możliwość usunięcia i wprowadzenia nowych danych do bazy danych.

6. Przebieg procesu wnioskowania

W systemie ekspertowym KOMPLOGIS wykorzystywana jest metoda wnioskowania w przód, za pomocą której szukana jest odpowiedź interesująca użytkownika. Wnioskowanie w przód przebiega od faktów, poprzez reguły do odpowiedzi. System ekspertowy stara się kojarzyć przesłanki reguł z posiadanymi w bazie wiedzy faktami i poszerzeniu zbioru znanych faktów przez dołączenie do nich kolejnych konkluzji. Na podstawie dostępnych reguł i faktów generowane są nowe fakty tak długo, aż wśród wygenerowanych faktów znajdzie się odpowiedź na postawione pytanie. Algorytm wnioskowania w przód przedstawiony został na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat algorytmu wnioskowania w przód

Wszystkie operacje wnioskowania są przeprowadzone na serwerze, do którego ma dostęp dyspozytor firmy spedycyjnej. 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 KOMPLOGIS wykorzystuje dynamiczną bazę danych, przy pomocy 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 KOMPLOGIS.

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

7. Wyniki badań testujących i tendencje rozwojowe systemu KOMPLOGIS

Celem niniejszej pracy było zaprezentowanie pewnej koncepcji systemu ekspertowego wspomagającego dyspozytora firmy spedycyjnej w podejmowaniu optymalnych decyzji. System ten jest potwierdzeniem możliwości wykorzystania metod sztucznej inteligencji do zastosowań praktycznych.

System ekspertowy KOMPLOGIS poddano badaniom testującym mającym na celu wyeliminowanie wszystkich błędów powstałych podczas jego budowy. Proces testowania był procesem żmudnym i czasochłonnym. Wymagał niekiedy powrotu do wcześniejszych stadiów jego budowy w celu dokonania poważnych zmian w systemie. Jednym z najważniejszych etapów było zbadanie poprawności procesu wnioskowania przeprowadzanego przez system KOMPLOGIS. Ten etap testowania przeprowadzany był wówczas, gdy wprowadzane były nowe reguły do bazy wiedzy lub gdy zaistniała potrzeba modyfikacji wcześniejszych reguł.

System KOMPLOGIS przetestowano również pod względem odporności na nieprzewidziane działanie ze strony użytkownika. W celu uniknięcia błędów wynikających m.in. z niepoprawnie wprowadzonych danych, zbyt szybkich zatwierdzeń i innych błędnych działań użytkownika system wyposażono w odpowiednie zabezpieczenia. Dla przykładu dodanie nowego zlecenia nie jest możliwe bez poprawnego wprowadzenia wszystkich wymaganych danych.

W celu uniknięcia kłopotów związanych z uruchamianiem programu KOMPLOGIS utworzono standardowy program instalacyjny. Dzięki temu system umożliwia sprawną pracę bez konieczności posiadania dodatkowych narzędzi informatycznych. Zainstalowany w ten sposób system KOMPLOGIS powinien sprawnie działać na systemach operacyjnych Windows 98/2000/XP/Vista. W celu sprawdzenia słuszności tego założenia utworzony program uruchomiany był na trzech systemach operacyjnych: Windows 2000, Windows XP i Vista. Podczas przeprowadzonych testów nie wykryto żadnych nieprawidłowości.

Zaprezentowany system ekspertowy KOMPLOGIS 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 dyspozytora firmy spedycyjnej, który może potwierdzić lub odrzucić daną poradę.

Spedycja to proces złożony i dość skomplikowany. Aby skonstruować system ekspertowy realizujący w pełni wszystkie problemy spedycyjne należałoby rozbudować

system KOMPLOGIS w przyszłości. Przykładowo, aby zwiększyć użyteczność systemu należałoby rozszerzyć jego funkcjonalność o dodatkową opcję – planowanie tras przewozowych.

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, s. 75-85.
2. Buchalski Z.: Zarządzanie wiedzą w podejmowaniu decyzji przy wykorzystaniu systemu ekspertowego. W: Bazy danych. Struktury, algorytmy, metody, Wydawnictwo WKiŁ, Warszawa, 2006, s. 471-478.
3. Klonowski Z.J.: Systemy informatyczne zarządzania przedsiębiorstwem. Modele rozwoju i właściwości funkcjonalne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2004.
4. Niederliński A.: Regułowo-modelowe systemy ekspertowe. Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice, 2006.
5. Radzikowski W.: Komputerowe systemy wspomaganie decyzji. PWE, Warszawa, 1990.
6. Ciesielski M.: Logistyka w biznesie. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2006.
7. Gołębska E.: Kompendium wiedzy o logistyce. PWN, Warszawa-Poznań, 2002.
8. Rydzkowski W., Wojewódzka-Król K.: Transport. PWN, Warszawa, 2005.
9. Sikorski P., Zembrzycki T.: Spedycja w praktyce. Polskie Wydawnictwo Transportowe, Warszawa, 2006.
10. Meloni J. C.: PHP, MySQL i Apache dla każdego. Wydawnictwo Helion, Gliwice, 2005.
11. Michalik K.: PC-Shell 3.0 dla Windows 9x/NT/2000 – Podręcznik użytkownika. Aitech, Katowice, 2000.
12. Reisdorph K.: C++Builder6 dla każdego. Wydawnictwo Helion, Gliwice, 2003.
13. Stones R., Neil M.: Bazy danych i MySQL od podstaw. Wydawnictwo Helion, Gliwice, 2003.

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