

Paweł SITEK¹
Jarosław WIKAREK¹

PODSTAWOWE STRUKTURY SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI DLA CENTRUM DYSTRYBUCJI

W artykule przedstawiono założenia i podstawowe struktury systemu wspomaganie decyzji jako dodatkowej warstwy systemu ERP. Każda decyzja systemu może być interpretowana jako odpowiedź na odpowiednio sformułowania pytanie, która spełnia ograniczenia. Innowacyjnym mechanizmem zastosowanym w proponowanym podejściu jest automatyczna generacja zapytań w postaci predykatów CLP lub modeli MIP.

BASIC STRUCTURE OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM FOR DISTRIBUTION CENTER

The paper presents the concepts and the basic structure of decision support system in the form of an additional layer of an ERP/SCM system. Any decision can be interpreted as a response to the properly formulated question that meets the existing constraints. Novel mechanism was introduced to the automatic generation of questions in the form of CLP (Constraint Logic Programming) predicates or MIP (Mixed Integer Programming) models.

1. WPROWADZENIE

W artykule przedstawiono koncepcje i podstawowe struktury systemu wspomaganie decyzji w centrum dystrybucyjnym. Potencjalne obszary wspomaganie decyzji i optymalizacji dla przykładowego centrum dystrybucyjnego obejmują:

- Poziom strategiczny (liczba oraz lokalizacja magazynów związanych z centrum dystrybucyjnym, wybór grup produktowych, granice terytorialne obszaru obsługiwanego przez centrum dystrybucyjne, itp.).
- Poziom taktyczny (struktura i wielkość floty pojazdów, okresowa zmiana planu tras, itp.).
- Poziom operacyjny (kompletacja zamówień, optymalizacja załadunku, dynamiczne planowanie tras, zarządzanie magazynem wysokiego składowania, itp.).

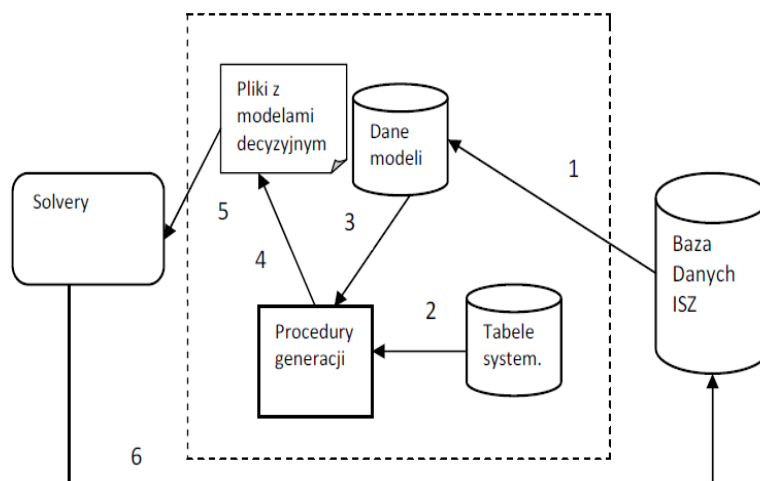
¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Elektrotechniki Automatyki i Informatyki; 25-314 Kielce Al. 1000 PP 7.
tel: + 48 42 3424200 Fax: + 48 41 3424214, e-mail: sitek@tu.kielce.pl, j.wikarek@tu.kielce.pl

Fragmenty struktur wraz z danymi przedstawiono dla jednego z wielu problemów szczegółowych dla centrum dystrybucyjnego (opisanego w [1]). Decyzje w systemie są interpretowane jako odpowiedzi na konkretne pytania, które są implementowane jako predykaty.

2. KONCEPCJA SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI

Większość informatycznych systemów zarządzania oparta jest najczęściej na zintegrowanej bazie danych. Zwykle jest to baza danych wykorzystująca model relacyjny [2]. Jest to najbardziej rozpowszechniony model organizacji danych bazujący na matematycznej teorii mnogości, w szczególności na pojęciu relacji. W najprostszym ujęciu w modelu relacyjnym dane grupowane są w relacje, które reprezentowane są przez tabele. Relacje są pewnym zbiorem rekordów o identycznej strukturze wewnętrznie powiązanych za pomocą związków zachodzących pomiędzy danymi. Model relacyjny można traktować również jako modelu logiki pierwszego rzędu. Językiem związanym z tym modelem jest SQL (*Structured Query Language*)-strukturalny język zapytań używany do tworzenia, modyfikowania baz danych oraz do umieszczania i pobierania danych z baz danych. Język SQL jest językiem deklaratywnym. Decyzję o sposobie przechowywania i pobrania danych pozostawia się systemowi zarządzania bazą danych (DBMS).

Powszechność modelu relacyjnego baz danych jako podstawy większości informatycznych systemów zarządzania spowodowała, że system wspomaganie decyzji zaproponowano jako dodatkową warstwę informacyjną systemu zarządzania, której głównymi komponentami są tabele oraz mechanizmy relacyjnej bazy danych o określonej strukturze. Zaproponowana struktura systemu umożliwi automatyzację generacji modeli wspomaganie i optymalizacji decyzji na podstawie zapisów w bazie danych, ich uruchomienia poprzez wywołanie odpowiednich programów optymalizacyjnych a następnie zapisanie w bazie danych uzyskanych wyników w odpowiedniej formie. Ogólny schemat struktury systemu wspomaganie decyzji przedstawiono na rys.1.



Rys. 1. Uproszczony schemat struktury systemu wspomaganie decyzji.

Poszczególne funkcje warstwy wspomaganie decyzji:

1. Mapowanie – uzupełnianie struktur danych modeli decyzyjnych na podstawie bazy danych informatycznego systemu zarządzania np. klasy ERP [3].
2. Zacytanie informacji o strukturze i funkcjach dla modeli decyzyjnych z tabel systemowych.
3. Zacytanie danych dla modeli decyzyjnych.
4. Generacja modeli w postaci plików tekstowych w odpowiednim formacie (metajęzyku programu optymalizacyjnego).
5. Przesłanie plików z modelami do programu optymalizacyjnego.
6. Zapis uzyskanych wyników (decyzji do bazy danych).

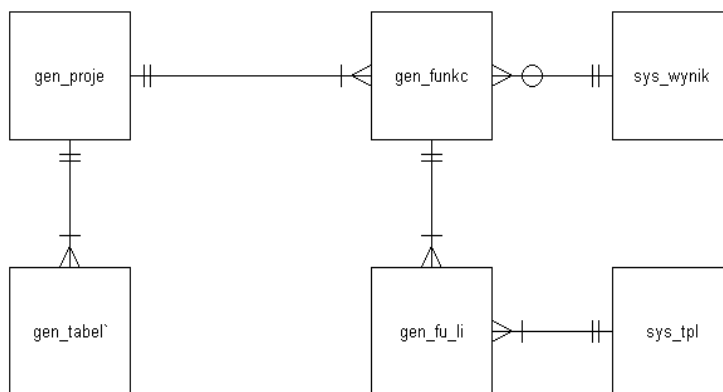
Jak widać koncepcja systemu do wspomaganie decyzji zarządzania centrum dystrybucyjnym może być potraktowana jako dodatkowa warstwa, zawierająca zarówno elementy struktury informacyjnej jak i funkcjonalnej. W skład tej warstwy wchodzi tabel systemowe wykorzystywane do automatycznej generacji modeli decyzyjnych, tabel poszczególnych modeli, w których zapisywane są m.in. dane z tabel systemu klasy ERP za pomocą mechanizmów mapowania. Kolejnym elementem warstwy wspomaganie decyzji są proste mechanizmy programowe, które na podstawie zapisów w poszczególnych tabelach systemowych przy wykorzystaniu danych z tabel modeli umożliwiają generację kompletnych modeli decyzyjnych w formacie akceptowalnym przez poszczególne środowiska i narzędzia przeznaczone do ich rozwiązania (solvery). Jako solvery zaproponowano dwa środowiska. Jedno oparte na programowaniu całkowitoliczbowym (*Mixed Integer Programming-MIP*) [4][5] drugie na programowaniu w logice z ograniczeniami (*Constraint Logic Programming-CLP*) [6][7]. Wybór obu środowisk podyktowany jest strukturą problemów decyzyjnych występujących w obszarze zarządzania centrum dystrybucyjnym.

2. PODSTAWOWE STRUKTURY

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie tabel systemowych, których miejsce w systemie wspomaganie decyzji przedstawiono na rys.1. Zależności pomiędzy tabelami systemowymi są widoczne na schemacie ERD (Entity Relationship Diagram) – rys.2. W tabeli 2 przedstawiono wybrany zbiór tabel z danymi niezbędnymi do generacji modelu MIP dla problemu rozdziału palet [1]. Zależności pomiędzy tabelami są przedstawione również w postaci schematu ERD na rys. 3. Miejsce i funkcja tych tabel jest widoczna na rys.1.

Tab. 1. Tabele systemowe.

Tabela	Opis	Nazwa pola	Klucz	Opis kolumny
sys_typl	Typy linii	KD_IDLIN	PK	Identyfikator typu linii
		ID_NAZWA		Nazwa typu linii
sys_wynik	Wynik zadziałania	KD_WYNIK	PK	Identyfikator typu wyniku
		ID_OPIS_		Opis typu wynik
gen_proje	Projekty w systemie	KD_IDPRO	PK	Identyfikator projektu
		ID_NAZWA		Nazwa projektu
		ID_SKROT		Skrót nazwy
		ID_OPIS_		Opis projektu
gen_funkc	Funkcje w czasie obsługi projektu	KD_IDPRO	PK(FK)	Identyfikator projektu
		KD_IDFUN	PK	Identyfikator funkcji
		FD_WYNIK	FK	Identyfikator typu wyniku
		ID_OPIS_		Opis funkcji
gen_fu_li	Kody funkcji w czasie obsługi projektu	KD_IDPRO	PK(FK)	Identyfikator projektu
		KD_IDFUN	PK(FK)	Identyfikator funkcji
		KD_ID_KO	PK	Numer linii
		FD_IDLIN	FK	Identyfikator typu linii
		ID_DANA_		Kod linii
gen_tabel	Tabele projektu	KD_IDPRO	PK(FK)	Identyfikator projektu
		KD_ID_TA	PK	Nazwa tabeli w projekcie
		ID_ID_AL		Ogólna nazwa tabeli
		ID_OPIS_		Opis tabeli



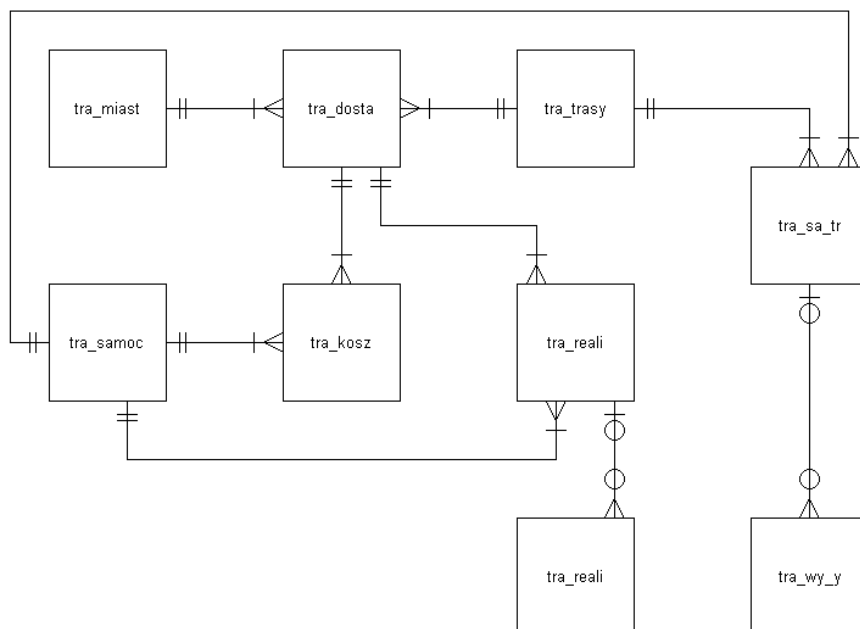
Rys. 2 Schemat ERD dla tabel systemowych systemu wspomagania decyzji

Tab. 2. Tabele z danymi dla [1].

Nazwa tabeli	Opis	Symbol	Nazwa pola	Klucz	Opis kolumny
tra_miast (Miasta)	Punkty odbioru towaru np. miasta, lokalizacje w miast.	j	KD_IDMIA	PK	Identyfikator punktu
		nazwa	ID_NAZWA		Nazwa punktu
		z	ID_ZAPOT		Zapotrzebowanie na palety
tra_trasy (Trasy)	Trasy przewozowe	i	KD_IDTRA	PK	Identyfikator trasy
		nazwa	ID_NAZWA		Nazwa trasy
tra_dosta (Dostawy)	Miasta na trasie	j	KD_IDMIA	PK(FK)	Identyfikator punktu
		i	KD_IDTRA	PK(FK)	Identyfikator trasy
tra_samoch (Samochody)	Typy samochodów	l	KD_IDSAM	PK	Identyfikator typu samochodu
		k	ID_POJ_K		Pojemność typu samochodu w paletach
		u	ID_KUR_U		Dopuszczalna liczba kursów
		w	ID_CZA_W		Dopuszczalny czas trwania kursów
tra_sa_tr (Samoch_trasy)	Samochody na trasach- przydział samochodów do tras	i	KD_IDTRA	PK(FK)	Identyfikator trasy
		l	KD_IDSAM	PK(FK)	Identyfikator typu samochodu
		c	ID_KOS_C		Koszt przejazdu po trasie
		e	ID_CZA_E		Czas kursu samochodu po trasie i
		ȳ	IW_KURSY		Liczba kursów (rozwiązanie)
tra_reali (Realizacja)	Dostarczana liczba palet	j	KD_IDMIA	PK (FK)	Identyfikator punktu
		i	KD_IDTRA	PK (FK)	Identyfikator trasy
		l	KD_IDSAM	PK (FK)	Identyfikator typu samochodu
		ȳ	IW_DOSTS		Liczba palet (rozwiązanie)

PK- klucz główny, FK- klucz obcy

Jednym z najciekawszych elementów proponowanej koncepcji systemu wspomaganie decyzji jest mechanizm automatycznej generacji predykatów CLP i modeli MIP. Generacja odbywa się na podstawie odpowiednich wpisów w tabelach systemowych oraz tabelach z danymi. W tabelach od 3 do 7 przedstawione są rzeczywiste wpisy umożliwiające generację zarówno predykatu CLP jak i modelu MIP dla problemu rozdziału palet opisanego w [1]. Automatycznie wygenerowany plik z modelem MIP przedstawiony jest na rys. 4. W systemie wspomaganie decyzji po wygenerowaniu takiego pliku jest on przesyłany do solvera w tym wypadku jest to solver LINGO [8] (Rys.1).



Rys. 3 Schemat ERD dla tabel danych opisujących problem [1].

Tab. 3. Tabela *gen_funkc*

KD_IDPRO	KD_IDFUN	FD_WYNIK	ID_OPIS_
00001	00001	00001	'Generacja modelu lingo'
00001	00002	00001	'Generacja dane CLP'
00001	00003	00001	'Funkcje do modelu CLP'
00001	00004	00001	'Generacja szukaj do CLP'
.....

Tab.4. Tabela *gen_proje*

KD_IDPRO	ID_NAZWA	ID_SKROT	ID_OPIS_
00001	'Transport'	'Zagadnienie Transportowe'	'Zagadnienie Transportowe'
00002	'Projekty'	'Zarządzanie projektami'	'Zarządzanie projektami'
.....

Tab. 5. Tabela *sys_wynik*

KD_WYNIK	ID_OPIS_
00001	'Wynik do pliku'
00002	'Wynik z pliku'

Tab. 6 Tabela *gen_fu_li* (fragment)

KD_IDPRO	KD_IDFUN	KD_ID_KO	FD_IDLIN	ID_DANA
00001	00001	00010	00008	'modele/tran.lng'
00001	00001	00020	00001	'Model: SETS: ! Indeksy modelu; ! j - indeks miast; ! i - indeks tras; ! l - indeks typów samochodów; ! Zmienne decyzyjne; ! Xjil ilość palet dostarczana do miasta j; ! Parametry modelu; ! Zj - zapotrzebowanie miasta j na palety; Miasta /1..'
00001	00001	00030	00003	'select KD_IDMIA from tra_miast'
00001	00001	00040	00001	('/:Z; Trasy /1..'
00001	00001	00190	00002	' select ID_KOS_C from tra_sa_tr order by KD_IDTRA, KD_IDSAM'
00001	00002	00340	00011	'select KD_IDSAM from tra_samoc select KD_IDTRA from tra_trasy [],Yp 2'
00001	00002	00360	00009	"
00001	00003	00010	00008	'modele/funkcje.ecl'
00001	00004	00010	00001	':- use_module(funkcje).'

TabVII. Tabela *sys_typ*

KD_IDLIN	ID_NAZWA	KD_IDLIN	ID_NAZWA
00001	'Tekst do przepisania'	00008	'Utwórz plik'
00002	'Licz wiersz.'	00009	'Zamknij plik'
00003	'Wynik kursor'	00010	'Kur pętla'
00004	'Funkcja do uruchom'	00011	'Pętla dwuwymiarowa'
00005	'Program zewnętrzny'	00012	'Pętla dwuodwrotna'
00006	'Dane do bazy'	00013	'Import 2 wymiary'
00007	'Oczekiwanie na akcje'

Na rys.4 widoczna jest zawartość wygenerowanego pliku z modelem MIP. Wartości liczbowe modelu są pobierane z tabel danych (tab.2) systemu natomiast struktura z tabel systemowych (tab.1).

```

Model:
SETS:
  Miasta      /1..8/:Z;
  Trasy       /1..5/;
  Samochody   /1..2 /:K,U,W;
    
```

```

Dostawy      (Miasta,Trasy):D;
Samoch_trasa (Trasy,Samochody):Y,C,E;
Realizacja   (Miasta,Trasy,Samochody):X,B;
ENDSETS
DATA:
Z = 35 14 12 8 6 18 9 16 ;
D = 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0
    0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 0;
K = 24 12;
U = 8 8 ;
W = 120 120 ;
C = 10 8 12 10 14 12 10 8 6 5 ;
E = 5 5 6 6 8 8 6 6 6 6 ;
B = 10 6 10 6 10 6 0 0 0 0 8 5 8 5 0 0 8 5 0 0
    6 5 6 5 0 0 6 5 0 0 0 0 0 0 5 5 6 6 5 5 0 0
    0 0 6 4 6 4 6 4 5 5 0 0 6 6 0 0 6 6 0 0 8 6
    8 6 8 6 0 0 10 8 10 8 10 8 0 0 0 0 ;
ENDDATA
Min=@sum(Samoch_trasa(i,l):Y(i,l)*C(i,l))
    +@sum(Realizacja(j,i,l):X(j,i,l)*B(j,i,l));
@for(Miasta(j):@sum(Samoch_trasa(i,l):
    X(j,i,l)*D(j,i))=Z(j));
@for(Samochody(l):
    @sum(Dostawy(j,i):X(j,i,l))<=K(l)*U(l));
@for(Samochody(l):
    @sum(Trasy(i):Y(i,l))<=U(l));
@for(Samoch_trasa(i,l):
    @sum(Miasta(j):X(j,i,l))<=K(l)*Y(i,l));
@for(Realizacja(j,i,l):
    @gin(X(j,i,l)) ;
@for(Samoch_trasa(i,l):
    @gin(Y(i,l)));
@for(Samochody(l):
    @sum(Trasy(i):E(i,l)*Y(i,l))<=W(l));
End

```

Rys. 4. Plik z modelem MIP dla problemu rozdziału palet [1] (solver Lingo).

6. WNIOSKI

W artykule przedstawiono koncepcje podstawowych struktur systemu wspomaganie decyzji w centrum dystrybucyjnym. Skupiono się na aspekcie technicznym tzn. przedstawiono elementy projektu systemu wspomaganie decyzji na podstawie, których można dokonać implementacji. Implementacja musi obejmować również mechanizmy mapowania danych z rzeczywistej bazy danych systemu oraz procedury generacji modeli. Implementacji dokonano w postaci wielowarstwowej aplikacji bazy danych, która może pracować w sieci LAN/WAN/Internet. Interfejsem jest zwykła przeglądarka internetowa. Bardzo duża elastyczność zaproponowanego rozwiązania wynika z zastosowania:

- relacyjnej bazy danych jako podstawy systemu;
- mechanizmów automatycznej generacji modeli i predykatów;
- mechanizmów mapowania danych – czyli automatycznego zasilania tabel z danymi z bazy danych systemu ERP;

- uniwersalnej wielowarstwowej architektury aplikacji mogącej pracować w dowolnym środowisku sieciowym.

7. LITERATURA

- [1] Sitek P., Wikarek J.: *Model matematyczny optymalizacji rozdziału palet w centrum dystrybucyjnym*, Transcomp, Zakopane 2010.
- [2] E. F. Codd. A: *Relational Model of Data for Large Shared Data Banks*, Commun. ACM. 13/6. pp. 377-387.
- [3] Moon Y.B.: *Enterprise Resource Planning (ERP): a review of the literature*, Int. J. Management and Enterprise Development, Vol. 4, No. 3, pp.235–264. 2007.
- [4] Vanderbei R. J.: *Linear Programming: Foundations and Extensions*, 3rd ed., International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 114, Springer Verlag, 2008.
- [5] Schrijver A.: *Theory of Linear and Integer Programming*, John Wiley & sons, 2000.
- [6] Apt K.: *Principles of constraint programming*, Cambridge University, 2003.
- [7] Frühwirth, Thom, Slim Abdennadher: *Essentials of constraint programming*, Springer, 2003.
- [8] <http://www.lindo.com/>