

SITEK Paweł¹

KONCEPCJA SYSTEMU DO WSPOMAGANIA DECYZJI ZARZĄDZANIA ŁAŃCUCHEM DOSTAW

Skuteczne i efektywne zarządzanie łańcuchem dostaw w dobie globalizacji, szybko zmieniających się potrzeb rynkowych oraz rozproszonych zasobów jest kluczowym problemem do rozwiązania dla każdego przedsiębiorstwa. Jest to konieczne aby utrzymać konkurencyjność przy realizacji zleceń klientów. Ze względu na liczbę i złożoność problemów decyzyjnych występujących podczas realizacji zleceń klientów niezbędne jest dostarczenie efektywnych rozwiązań informatycznych do wspomagania decyzji. W artykule przedstawiono koncepcje systemu wspomagania decyzji zarządzania łańcuchem dostaw w postaci dodatkowych warstw informacyjno-decyzyjnych dla zintegrowanego systemu zarządzania przedsiębiorstwem. Możliwości zaproponowanej koncepcji systemu przedstawiono na przykładzie modelu kosztowego zarządzania dwupoziomowym łańcuchem dostaw (two-tier Supply Chain [1]).

THE CONCEPT OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Effective and efficient supply chain management in the era of globalization, rapidly changing market needs and distributed resources is a key problem to be solved for each company. Due to the number and complexity of decision problems that occur when executing client orders, it is necessary to provide effective solutions for decision support. The paper presents the concept of decision support system for supply chain management in the form of additional information and decision-making layers for the ERP (Enterprise Resource Planning). The concept has been shown for two-tier supply chain management as an example.

1. WPROWADZENIE

Obecnie przedsiębiorstwa zmuszone są do działania w szybko zmieniającym się otoczeniu w ramach globalnej konkurencji. Dlatego muszą posiadać zdolności i narzędzia do zarządzania przedsiębiorstwem na nieprzewidywalnych rynkach, przy posiadaniu rozproszonych zasobów jednocześnie minimalizując koszty i czas realizacji zamówień klientów.

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

W ostatnich latach wiele firm o zasięgu globalnym jak również małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), zdaje sobie sprawę, że skuteczność ich działań jest w dużym stopniu zależna od odpowiedniej współpracy i koordynacji z ich dostawcami, jak również z odbiorcami czy bezpośrednio klientami końcowymi [2].

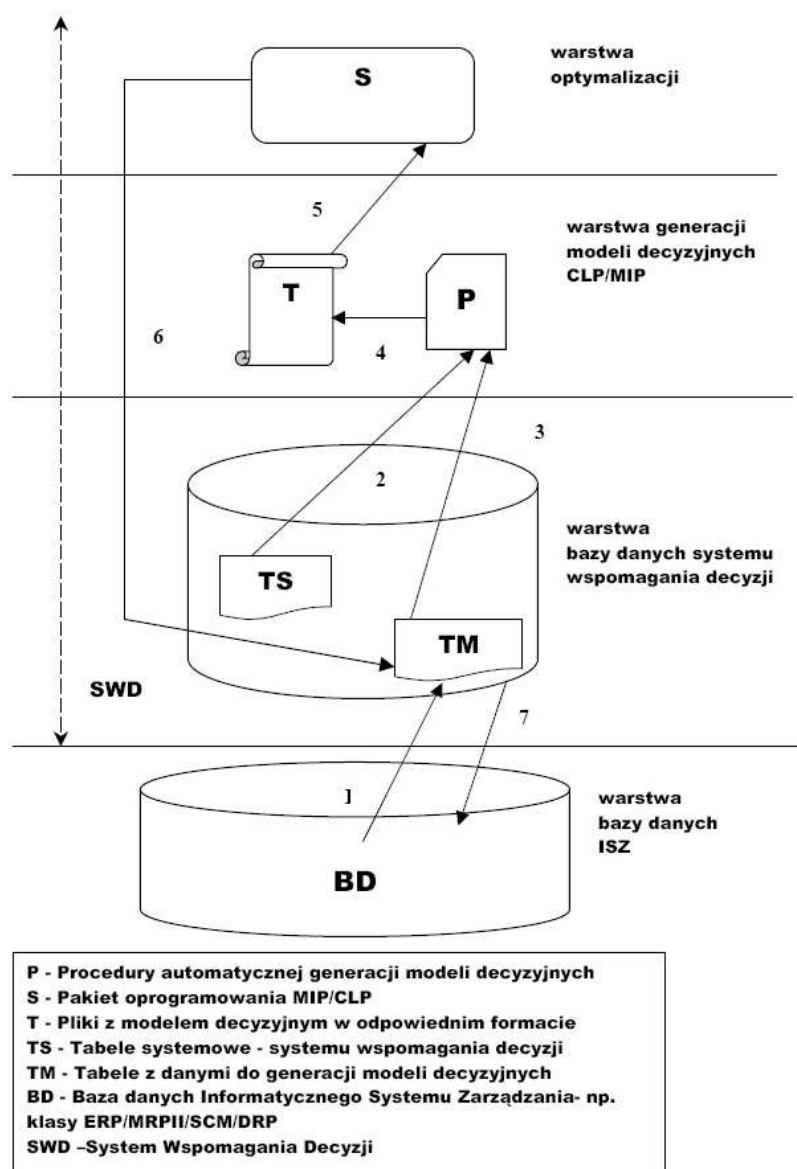
Ten rodzaj wzajemnych zależności i uwarunkowań jest znany w literaturze jako koncepcja zarządzania łańcuchem dostaw (*Supply Chain Management (SCM)*). Wprowadzenie SCM umożliwia synchronizację przepływu informacji i materiałów pomiędzy poszczególnymi kooperantami, co wyraźnie ułatwia firmie dostosowanie się do określonego popytu rynkowego. Wewnętrzne SCM obejmuje zagadnienia związane z zaopatrzeniem, produkcją i dystrybucją. Zewnętrzne SCM integruje przedsiębiorstwo z jego dostawcami i klientami. Dzisiaj ryzyko zarządzania łańcuchem jest nieporównanie większe niż kilka/kilkanaście lat temu. Główną przyczyną takiego stanu rzeczy to postępująca globalizacja powodująca rozciągnięcie i skomplikowanie łańcucha dostaw i ciągłe podnoszenie efektywności firm. Dzięki globalizacji, produkt dowolnej firmy może dotrzeć na każdy rynek na świecie. Liczba problemów decyzyjnych w SCM jest bardzo duża i dotyczy zarówno realizacji wewnętrznego łańcucha dostaw w przedsiębiorstwie jak i zewnętrznego, gdzie dane przedsiębiorstwo jest tylko jednym z ogniw.

W artykule przedstawiono koncepcję oraz możliwości zastosowania systemu wspomagania decyzji dla jednego z problemów ogólnych występujących w SCM (dwuwarstwowy model kosztowy zarządzania łańcuchem dostaw). Należy podkreślić, że założenia systemu wspomagania decyzji umożliwiają jego zastosowania dla wielu problemów decyzyjnych zarówno w obszarze produkcji, dystrybucji, magazynowania, transportu itd.

2. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI

Informatyczne systemy zarządzania (ISZ) klasy ERP (Enterprise Resource Planning), DRP (Distribution Resource Planning), MRP II (Manufacturing Resource Planning) oparte są najczęściej na zintegrowanej bazie danych. Zwykle jest to baza danych wykorzystująca model relacyjny [3]. 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. Dlatego przy opracowaniu koncepcji systemu wspomagania decyzji wykorzystano relacyjny model danych, gdzie zapisano informacje o modelach decyzyjnych (zarówno danych jak i ich strukturze). System wspomagania decyzji został zaproponowany w postaci dodatkowych warstw informacyjnych ISZ (Rys.1). Warstwy te są wzajemnie zintegrowane i umożliwiają automatyczną generację modeli decyzyjnych na podstawie odpowiednich danych w tabelach bazy danych systemu

wspomagania decyzji oraz ich rozwiązanie za pomocą narzędzi CLP (Constraint Logic Programming) oraz MIP (Mixed Integer Programming).



Rys.1 Schemat koncepcji systemu wspomagania decyzji dla SCM

Sposób działania Systemu Wspomagania Decyzji (SWD) przedstawiono na rys.1 (cyframi oznaczono w kolejności wykonywania - poszczególne procesy):

1. **Mapowanie**-uzupełnianie danych modeli decyzyjnych (**TM**) na podstawie bazy danych informatycznego systemu zarządzania np. klasy ERP/MRP II (**BD**).
2. **Pobranie informacji** - o strukturze modeli decyzyjnych z tabel systemowych (**TS**) SWD.
3. **Pobranie danych** - dla modeli decyzyjnych z tabel z danymi modeli (**TM**).
4. **Generacja modeli decyzyjnych** - w postaci plików tekstowych (**T**) w odpowiednim formacie (metajęzyku programu optymalizacyjnego).
5. **Przesłanie** - plików z modelami do programu/pakietu optymalizacyjnego, uruchomienie optymalizacji. (**S**)
6. **Zapis** -uzyskanych wyników (decyzji) do bazy danych (**TM**) SWD.
7. Transfer danych – z bazy danych (**TM**) SWD do bazy danych systemu ERP/MRP II (**BD**).

Najciekawszym rozwiązaniem proponowanym w całej koncepcji jest mechanizm automatycznej generacji modeli decyzyjnych (4). Jego innowacyjność polega na automatyzacji samego procesu tzn. modele są generowane na podstawie odpowiednich wpisów w dwóch zbiorach tabel (TM) i (TS) bazy danych SWD. Dodatkowo zmiana parametrów modeli jest jedynie zmianą danych w tabelach (TM), bez konieczności zmian struktur modeli. Jeśli nawet konieczna jest zmianą struktur modeli i ich parametrów to wystarczą odpowiednie wpisy w tabelach (TM) i (TS) bez pracochłonnego i skomplikowanego procesu budowy kompletnych modeli. Modele są generowane w postaci plików tekstowych (T). Następnie są przesyłane do oprogramowania optymalizacyjnego (S) i po rozwiązaniu uzyskiwane są odpowiednio decyzję optymalne bądź dopuszczalne, które zapisywane są w bazie danych SWD. W prezentowanej wersji SWD zastosowano dwa środowiska optymalizacyjne. Jedno klasyczne oparte na optymalizacji całkowitoliczbowej (MIP-Mixed Integer Programming) [4]. Drugie to środowisko oparte na paradygmacie programowania w logice z ograniczeniami (CLP-Constraint Logic Programming) [5]. Szczegóły implementacyjne SWD oraz podstawowe struktury danych przedstawiono w [6].

3. MODEL MATEMATYCZNY ŁAŃCUCHA DOSTAW

Jako przykład zastosowania SWD przedstawiono model kosztowy zarządzania łańcuchem dostaw. W literaturze jest on przedstawiany jako ogólny dwuwarstwowy lub dwupoziomowy (two-tier Supply Chain) model łańcucha dostaw [1]. Znany z literatury model został rozbudowany o funkcjonalność, umożliwiającą szczegółowe określenie, które z produktów mogą być dostarczane przez wybrane punkty dystrybucyjne (centra dystrybucji/magazyny). W modelu [1] wszystkie punkty dystrybucyjne są uniwersalne i mogą uczestniczyć w dostawach wszystkich produktów do wszystkich klientów. W rzeczywistych warunkach ze względu na gabaryty, parametry przechowywania, typy produktów oraz np. posiadanie odpowiedniej floty transportowej itd. nie wszystkie punkty dystrybucyjne są w stanie zapewnić dostawę wszystkich produktów do wszystkich klientów.

Model metamatematyczny został sformułowany w postaci zadania programowania liniowego całkowitoliczbowego [3][4]. Jako funkcje celu przyjęto koszty realizacji

dostaw. Zmiennymi decyzyjnymi modelu są (X_{ijk}) określająca udział (procentowy) dostaw produktu j ($j=1..N$) realizowany dla klienta k ($k=1..Q$) przez punkt i ($i=1..M$) oraz (Z_i) wskazująca czy dany punkt bierze udział w dostawach czy nie (zmienna binarna). Funkcja celu posiada dwie składowe. Pierwsza określa koszt punktów dystrybucyjnych (magazynów, centrów dystrybucyjnych). Druga określa koszty dostarczania produktów przez poszczególne punkty dystrybucyjne do klientów. Ograniczenia modelu matematycznego (1) .. (6) można interpretować następująco. Ograniczenie (1) zapewnia, że dostawa wszystkich zamówionych produktów, dla wszystkich klientów będzie zrealizowana w pełni przez punkty dystrybucyjne. Ograniczenie to zostało zmodyfikowane w taki sposób (przy pomocy parametru R_{ij}) aby uwzględnić specyfikę poszczególnych punktów dystrybucyjnych. W praktyce bowiem nie każdy magazyn czy centrum dystrybucyjne, może dokonywać dostawy danego produktu. Ograniczenie (2) zapewnia realizowalność dostaw ze względu na pojemność danego punktu dystrybucyjnego. Kolejne ograniczenie (3) zapewnia nie przekraczanie dopuszczalnej liczby punktów dystrybucyjnych zaangażowanych w dostawy. Ograniczenia (4),(5),(6) określają charakter zmiennych decyzyjnych jak również ich wzajemną zależność. W tabeli 1 przedstawiono wszystkie dane modelu optymalizacyjnego oraz zmienne decyzyjne.

Tab. 1. Parametry oraz zmienne decyzyjne modelu matematycznego

Symbol	Opis
Indeksy używane w modelu	
j	indeks produktu
i	indeks punktu dystrybucyjnego (centrum dystrybucyjnego/magazynu)
k	indeks odbiorcy/klienta
N	liczba produktów
M	liczba punktów dystrybucyjnych
Q	liczba odbiorców klientów
Parametry modelu	
F_i	koszt centrum dystrybucyjnego i ($i=1..M$).
S_j	przeźreń/objętość zajmowana przez produkt j ($j=1..N$)
P	maksymalna liczba punktów dystrybucyjnych biorących udział w dostawach.
W_i	maksymalna pojemność punktu dystrybucyjnego i ($1=1..O$).
D_{jk}	zapotrzebowanie odbiorcy k na produkt j w danym okresie czasu ($k=1..Q$) ($j=1..N$)
R_{ij}	Wartość binarna jest 1-jeśli dany punkt dystrybucyjny i może dystrybuować produkt j lub jest 0 w przeciwnym przypadku.
C_{ijk}	koszt dostawy produktu j ($j = 1 .. N$) dla klienta k ($k= 1..Q$) przez punkt dystrybucyjny i ($i=1..M$).
Zmienne decyzyjne	
X_{ijk}	udział rynku (procent) dostaw produktu j ($j=1..N$) realizowana dla klienta k ($k=1..Q$) przez punkt i ($i=1..M$).
Z_i	binarna zmienna decyzyjna przyjmuje wartość 1- jeśli dany punkt bierze udział w dostawach 0- w przeciwnym przypadku.

Funkcja celu – minimalizacja kosztów punktów dystrybucyjnych i dostaw

$$\sum_{i=1}^M F_i * Z_i + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^Q X_{i,j,k} * C_{i,j,k}$$

Ograniczenia

$$\sum_{i=1}^M X_{i,j,k} * R_{i,j} = 1 \text{ dla } k = 1..Q, j = 1..N \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^Q X_{i,j,k} * D_{j,k} * S_i \leq W_i \text{ dla } i = 1..M \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^M Z_i \leq P \quad (3)$$

$$-Z_i + X_{i,j,k} \leq 0 \text{ dla } i = 1..N \ j = 1..M \ k = 1..Q \quad (4)$$

$$Z_i \in \{0,1\} \text{ dla } i = 1..N \quad (5)$$

$$0 \leq X_{i,j,k} \leq 1 \text{ dla } i = 1..N \ j = 1..M \ k = 1..Q \quad (6)$$

4. PRZYKŁADY LICZBOWE

Po dokonaniu implementacji podstawowych struktur i funkcji SWD [6] zgodnie z założeniami z rozdz. 2 sprawdzono możliwości systemu w praktyce. Zgodnie z założeniami SWD może wspierać wiele decyzji z różnych obszarów szeroko rozumianego zarządzania łańcuchem dostaw. System może wykorzystywać wiele różnych co do zakresu jak i charakteru modeli decyzyjnych. Jednym z pierwszych był przedstawiony w rozdz. 4 dwuwarstwowy model kosztowy łańcucha dostaw sformułowany w postaci zadania programowania liniowego całkowitoliczbowego (MIP). Pomimo tego, że model ten posiada stosunkowo prostą funkcję celu, to odpowiada na następujące pytania:

- Jaki jest minimalny koszt realizacji dostaw poprzez sieć punktów dystrybucyjnych?
- Które punkty dystrybucyjne biorą udział w realizacji dostaw?
- Jak jest wykorzystanie poszczególnych punktów dystrybucyjnych?
- Jaki jest szczegółowy rozdział dostarczanych produktów dla poszczególnych klientów i kto pośredniczy?

Oprócz jednoznacznych odpowiedzi na te i inne pytania tego typu, SWD można wykorzystać do zadawania innego typu pytań (związanych z symulacją podejmowania decyzji przy zmieniających się parametrach np. pojemności magazynów, uniwersalności itd.):

- Jaki wpływ na koszt dostaw będzie miała zmiana pojemności poszczególnych punktów?
- Czy lepiej dążyć do uniwersalności czy specjalizacji punktów?

Ekspertyzy obliczeniowe oparto na danych zapisanych w tabelach (TM) SWD, których wartości liczbowe w notacji z rozdz.4 są widoczne w Tab. 2. Wartość parametru C_{ijk} (koszt dostaw produktu j dla klienta k przez punkt i) wynosi 2 dla $i=1,3,4$ $j=1..10$, $k=1..8$ oraz 3 dla $i=2$ $j=1..10$, $k=1..8$.

Tab. 2. Fragmenty tabel z danymi liczbowymi do eksperymentów obliczeniowych

D _{ik} - zapotrzebowanie klienta k na produkt j, R _{ij} -czy dany punkt i może dystrybuować produkt j																
j	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
k	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
D _{ik}	20	0	50	10	10	0	0	0	20	20	0	0	0	20	10	20
j	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
k	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
D _{ik}	0	0	30	30	30	30	30	30	40	0	40	0	0	0	40	40
j	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
k	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
D _{ik}	50	50	50	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
j	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8
k	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
D _{ik}	0	20	0	0	30	20	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20
j	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10
k	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
D _{ik}	40	0	0	0	0	10	10	50	20	20	10	0	0	0	20	20
i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6
R _{ij}	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
i	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
j	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2
R _{ij}	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
i	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
j	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8
R _{ij}	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
i	3	3														
j	9	10														
R _{ij}	1	1														

S _i -pojemność, którą zajmuje produkt j, W _i -pojemność punktu i, F _i -koszt punktu i										
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S _i	30	10	10	10	40	10	40	40	40	50
i	1	2	3	4						
F _i	50000	50000	50000	50000						
W _i	10000	10000	10000	10000						

Przy wykorzystaniu SWD dla danych z Tab. 2. uzyskano następujące odpowiedzi. Po pierwsze optymalny-minimalny koszt dostaw wynosi $f_c=200\ 162$, wszystkie punkty dystrybucyjne brały udział w dostawach. Punkty o indeksach $i=1,3,4$ były w pełni wykorzystane, natomiast punkt o indeksie $i=2$ w 31%. Odpowiedni udział w dostawach

produktów dla klientów przez odpowiednie punkty dystrybucyjne (wartości zmiennych X_{ijk}) przedstawiono w Tab. 3.

Tab.III Wynik-udział w dostawach poszczególnych punktów dystrybucyjnych.

i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
j	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
k	1	2	3	4	5	6	7	8	6	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
X_{ijk}	1	1	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
i	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
j	4	5	5	5	5	5	5	5	5	7	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	
k	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	5	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	
X_{ijk}	1	0,05	1	1	1	1	1	1	0,95	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
i	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
j	7	8	8	8	8	8	8	9	9	10	1	2	2	2	2	2	2	9	9	9	9	9	
k	8	1	2	3	4	5	6	3	4	4	3	1	2	3	4	5	7	1	2	5	6	7	
X_{ijk}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
i	4	4	4	4	4	4	4	4	4														
j	10	10	10	10	10	10	10	10	10														
k	3	4	5	6	7	8	8	8	8														
X_{ijk}	1	1	1	1	1	1	1	1	1														

W drugim etapie eksperymentów postanowiono zadać pytania związane z symulacją decyzji przy zmieniających się parametrach. Zapytano jakie będzie wykorzystanie punktów dystrybucyjnych oraz koszt realizacji dostaw jeśli zmieni się pojemność punktu dystrybucyjnego (W_i) o indeksie $i=1$ dokładnie o 31% (czyli o zakres realizowanych dostaw przez punkt o indeksie $i=2$). Okazało się, że dalej w dostawach biorą udział wszystkie punkty dystrybucyjne. Pojemności punktów dystrybucyjnych o indeksach $i=3,4$ są w pełni wykorzystane. Pojemność punktu o indeksie $i=2$ w 12% natomiast punkt o zwiększonej pojemności ($i=1$) w 91%. Uzyskano wartość funkcji celu $f_c=200\ 161$, czyli praktycznie identyczną jak dla eksperymentu pierwszego. W kolejnym etapie zmieniono pojemność punktu dystrybucyjnego o indeksie $i=3$ również o 31% przy pozostawieniu standardowej pojemności pozostałych punktów (Tab. 2.). Trzeci eksperyment pokazał, że w dostawach nie bierze udziału punkt dystrybucyjny o indeksie $i=2$. Pozostałe są w pełni wykorzystane. Dodatkowo wartość funkcji celu znacznie się obniżyła i wyniosła $f_c=150\ 160$. Jak widać tylko na podstawie zaprezentowanego w rozdz.4 modelu, który został zaimplementowany w SWD [6] można dokonać, jeszcze wielu symulacji decyzji np. przy zmianie parametrów F_i , C_{ijk} oraz wzajemnych ich kombinacji.

5. WNIOSKI

Zaproponowana koncepcja systemu wspomaganie decyzji zarządzania łańcuchem dostaw poprzez pierwsze eksperymenty liczbowe oraz implementację [6] pokazuje dużą elastyczność i praktycznie nieograniczone możliwości. Zaproponowane rozwiązania umożliwiają wykorzystanie wielu modeli decyzyjnych dotyczących całego łańcucha dostaw jak również bardziej szczegółowych modeli związanych z produkcją, dystrybucją, transportem itd. W obecnej wersji zaproponowano modele rozwiązywane

w dwóch środowiskach. Pierwsze to standardowe środowisko MIP drugie to CLP. W obu można wypracowywać rozwiązania (decyzje) optymalne i dopuszczalne zależnie od potrzeb i złożoności problemów decyzyjnych. Prezentowana koncepcja opiera się na powszechnym modelu relacyjnym bazy danych. To w bazie danych zapisane są informacje o strukturach modeli decyzyjnych jak i ich parametrach. To właśnie na podstawie odpowiednich wpisów w bazie danych można automatycznie generować pełne modele decyzyjne i przesyłać do środowisk gdzie są rozwiązywane - czyli uzyskiwane optymalne bądź dopuszczalne decyzje. Jednocześnie oparcie się na relacyjnej bazie danych daje praktycznie nieograniczone możliwości implementacji modeli decyzyjnych. Można bowiem za pomocą odpowiednich wpisów do tabel systemowych (TS) SWD wpisywać struktury modeli ogólnych i szczegółowych dla produkcji, dystrybucji, transportu, całego łańcucha dostaw itd. Z drugiej strony raz wpisane struktury modeli mogą być podstawą do wygenerowania nieskończenie wielu przypadków już konkretnych decyzji w zależności od wartości parametrów, które mogą się zmieniać, aktualizować na podstawie bazy danych ISZ a są pobierane z tabel (TM) SWD. Dalsze prace związane będą z implementacją w ramach struktur SWD zarówno autorskich jak i znanych z literatury modeli decyzyjnych z zakresu sterowania i zarządzania produkcją, logistyki, dystrybucji, planowania i harmonogramowania, zarządzania projektowego itd.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Huang Xiao-yuan, Lu Zhen. *Application of two-stages by supply chain model in server and distribution system*. Systems engineering-theory methodology applications, 12(3), p.228-231, 2003.
- [2] Terzi S., Cavalieri S.: *Simulation in the Supply Chain*, Context: A Survey, Computers in Industry, vol. 53, no. 1, pp. 3–16, 2004.
- [3] Date C. J., *An Introduction to Database System*, vol. II, Adison-Wesley Pub. Comp., również WNT – W-wa, (seria: Klasyka Informatyki), 2000.
- [4] Sysło M.M., Deo M., Kowalik J.S.: *Algorytmy optymalizacji dyskretnej z programami w języku PASCAL*, PWN, 1993.
- [5] K. Apt, *“Principles of constraint programming”*, Cambridge University, 2003.
- [6] Wikarek J., *Aspekty implementacyjne systemu wspomaganie decyzji zarządzania łańcuchem dostaw*, Transcomp 2011, LOGISTYKA (w druku).