

Tomasz AMBROZIAK¹, Roland JACHIMOWSKI²

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

¹ tam@it.pw.edu.pl

² rjach@it.pw.edu.pl

PROBLEMATYKA OBSŁUGI TRANSPORTOWEJ W JEDNOSZCZEBŁOWYM SYSTEMIE DYSTRYBUCJI

Streszczenie:

W artykule scharakteryzowano problematykę optymalizacji obsługi transportowej w jednoszczebłowym systemie dystrybucji. Zdefiniowano strukturę jednoszczebłowego systemu dystrybucji oraz określono charakterystyki elementów tej struktury. Sformułowano zadanie wyznaczania optymalnych planów przewozów pomiędzy dostawcami i odbiorcami z wykorzystaniem terminalu przeładunkowego. Jako kryterium minimalizacji przyjęto funkcję czasu transportu. Optymalne plany przewozów dla wybranego przykładu uzyskano dzięki zastosowaniu autorskiej aplikacji komputerowej.

Słowa kluczowe: jednoszczebłowy system dystrybucji, trasowanie pojazdów, problem zwózki, problem rozwózki.

WPROWADZENIE

Pojęcie dystrybucji wywodzi się od łacińskiego słowa „distributio”, które oznacza podział lub rozdział. W literaturze istnieje wiele różnych definicji dystrybucji, przy czym wszystkie te definicje są do siebie bardzo podobne. I tak wg E. Gołembskiej [3] dystrybucja oznacza proces i strukturę przemieszczania towarów od wytwórców do finalnych odbiorców z punktu widzenia makroekonomii. Natomiast z punktu widzenia mikroekonomii dystrybucja jest często utożsamiana z procesem sprzedaży i dostarczaniem produktów określonego przedsiębiorstwa do ostatecznych nabywców

Z kolei M. Jacyna [5] określa dystrybucję jako działalność zajmującą się planowaniem, organizacją i kontrolą sposobu rozmieszczenia produktów na rynku celem udostępnienia ich do sprzedaży

Bardzo podobnie dystrybucja definiowana jest w pracy [7], gdzie autor określa dystrybucję jako działalność gospodarczą związaną z przemieszczaniem produktów z miejsc ich wytworzenia do miejsc zakupu przez finalnych nabywców.

Analiza powyższych definicji pozwala sądzić, iż zadaniem dystrybucji jest zapewnienie, że towar od producenta zostanie dostarczony do jego odbiorców w ustalone miejsce, we wskazanym czasie oraz po ustalonej wcześniej cenie. Stąd też, nabiera ona coraz większego znaczenia w dostarczaniu towaru do użytkownika, zgodnie z jego wymaganiami. Tym samym poprzez system dystrybucji, rozumieć należy przestrzeń, w której odbywa się wielokrotne przemieszczanie produktów od producenta do odbiorcy [1].

Charakteryzując system dystrybucji należy zwrócić uwagę na specyfikę struktury systemu dystrybucji, która zależy w dużej mierze od umiejscowienia zarówno popytu, podaży towarów. Z tego też względu wyróżnia się jednoszczebłowe oraz wieloszczebłowe struktury systemów dystrybucji [8]. Liczba szczebli dystrybucji zależy od liczby kolejno występujących po sobie pośredników. W strukturze jednoszczebłowej pomiędzy dostawcami i odbiorcami

towarów pośrednicy występują tylko na jednym szczeblu i dodatkowo żaden pośrednik nie zależy od innego pośrednika. W strukturze wielostopniowej pośrednicy występują na każdym szczeblu dystrybucji, a pośrednicy szczebla niższego są podrzędni względem pośredników szczebla wyższego. O liczbie pośredników na danym szczeblu dystrybucji decyduje głównie charakter zapotrzebowania przewozowego klientów. Przykładowo w przypadku przesyłek kurierskich towar z pewnego obszaru zwożony jest od dostawców do sortowni (terminala przeładunkowego) a następnie skompletowane wysyłki transportowane są do odbiorców. Taka struktura systemu dystrybucji charakteryzuje się występowaniem tylko jednego pośrednika na drodze przepływu towarów od dostawców do odbiorców. Zmniejszenie do minimum liczby pośredników podyktowane jest tym, iż coraz częściej klienci bardzo duże znaczenie przypisują szybkiemu, terminowemu czasowi dostaw oraz oferowanym warunkom dostaw.

Niestety dotrzymanie terminu dostaw jest najtrudniejszym do zrealizowania elementem w procesie dystrybucji towarów. Można wyróżnić wiele czynników wpływających na ewentualne nieprawidłowości w terminowości dostaw, przy czym do podstawowych czynników z całą pewnością należy zaliczyć niewłaściwe planowanie transportu. Spowodowane jest to brakiem odpowiednich narzędzi wspomagających proces planowania transportu zwłaszcza w systemach dystrybucji. W większości przypadków tylko wybrane elementy łańcucha dostaw planowane są z użyciem narzędzi komputerowych. Najczęściej jednak obsługa transportowa określonego regionu planowana jest na podstawie pewnych ustalonych schematów, lub doświadczenia osób za to odpowiedzialnych. Taki sposób podejmowania decyzji odnośnie realizacji usługi transportowej nie gwarantuje jej optymalności dla przyjętego kryterium terminowości dostaw.

Problem planowania transportu jest przedmiotem badań wielu naukowców od kilkudziesięciu lat. Jego sformułowania dokonał W. R. Hamilton w 1959 r. i określił go mianem problemu „komiwojażera”. Polega on na odwiedzeniu dokładnie raz każdego z wybranych punktów sieci i powrocie do punktu, z którego rozpoczęto podróż. Przy znanych kosztach przejazdu między każdą parą punktów sieci, należy komiwojażerowi zaplanować drogę przejazdu w taki sposób, aby mógł on odwiedzić każdy punkt obsługi dokładnie raz i aby całkowity koszt podróży był najmniejszy.

Jednakże przedstawiony przez Hamiltona problem nie podejmuje rzeczywistych aspektów optymalizacji transportu, do których zalicza się m.in. liczbę i ładowność wykorzystywanych pojazdów oraz okna czasowe klientów, w których mogą być obsługiwani [2], [10]. Rozwinięty o te elementy problem komiwojażera w literaturze nosi nazwę problemu trasowania pojazdów z oknami czasowymi (*Vehicle routing problem with time windows*), a pierwsze publikacje poruszające problem trasowania pojazdów z oknami czasowymi dotyczyły analizy konkretnych przypadków [6], [9].

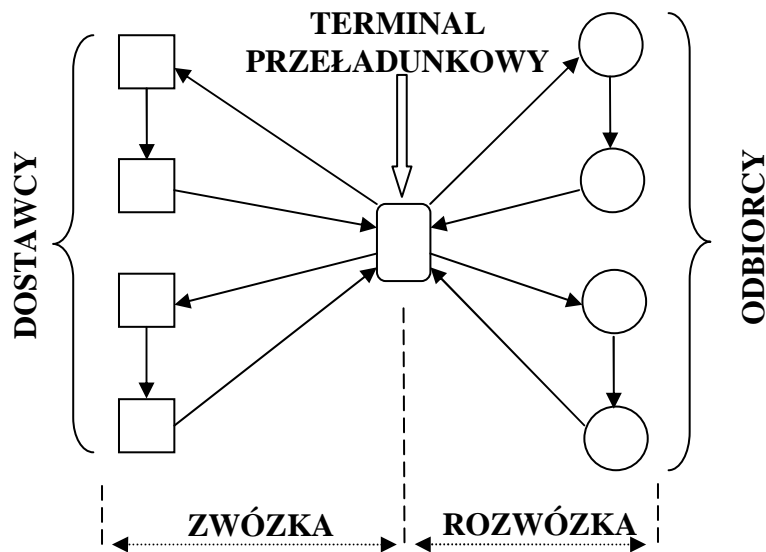
1. MODEL JEDNOSZCZEBLOWEGO SYSTEMU DYSTRYBUCJI

W artykule założono, że na pewnym obszarze zlokalizowani są dostawcy oraz odbiorcy przesyłek kurierskich. Transport przesyłek pomiędzy dostawcami i odbiorcami realizowany jest przez operatora logistycznego dysponującego własnym terminalem przeładunkowym. Zarówno dostawcy towarów jak i ich odbiorcy swoje zapotrzebowanie na przewóz zgłaszają bezpośrednio do operatora logistycznego. Z uwagi na istotny w przypadku przesyłek kurierskich czas realizacji dostaw, wszyscy klienci (zarówno dostawcy jak i odbiorcy) scharakteryzowani są oknami czasowymi, w których może nastąpić ich obsługa (podjęcie lub dostarczenie towaru). Zadaniem operatora logistycznego jest zwiezenie wszystkich towarów od dostawców do terminala przeładunkowego. W terminalu przeładunkowym dokonywana

jest kompletacja wysyłek do odbiorców. Po zakończeniu kompletacji realizowana jest rozwózka towarów. Zarówno do zwózki jak i rozwózki wykorzystywane są te same pojazdy będące na wyposażeniu operatora logistycznego.

Celem operatora logistycznego oprócz zaspokojenia potrzeb przewozowych klientów jest również takie zaplanowanie zarówno zwózki jak i rozwózki, aby łączny czas trwania transportu był jak najmniejszy. Zatem w rozpatrywanym systemie dystrybucji, jako kryterium minimalizacji transportu posłużył łączny czas trwania trasy każdego z pojazdów. Osiągnięcie tego celu równoznaczne jest z wyznaczeniem najkrótszych tras przewozu pomiędzy poszczególnymi elementami systemu.

Schematycznie specyfikę rozpatrywanego jednoszczęblowego systemu dystrybucji przedstawiono na rys. 1.



Rys.1. Schemat struktury jednoszczęblowego systemu dystrybucji

Źródło: opracowanie własne.

2. MATEMATYCZNE SFORMUŁOWANIE PROBLEMU DYSTRYBUCJI JEDNOSZCZĘBLOWEJ

Na potrzeby badań strukturę sieci dystrybucji [4] towarów od dostawców do odbiorców z wykorzystaniem terminala przeładunkowego przedstawiono w postaci skierowanego grafu G :

$$G = \langle W, L \rangle$$

gdzie:

W – zbiór węzłów sieci dystrybucji,

L – zbiór połączeń (łuków) pomiędzy wyróżnionymi węzłami sieci dystrybucji, przy czym zbiór łuków jest podzbiorem iloczynu kartezyjskiego zbioru węzłów sieci dystrybucji $L \subset W \times W$

Wyróżnione węzły odpowiadające dostawcom, odbiorcom, towarów i terminalom przeładunkowym, a także zbiór pojazdów wykorzystywanych do realizacji transportu zapisano w następujący sposób:

$D = \{1, 2, \dots, i, j, \dots, D\}$ – zbiór numerów dostawców towarów, przy czym i – ma interpretację i -tego dostawcy towarów, a j – ma interpretację j -tego dostawcy towarów.

$O = \{1, 2, \dots, k, l, \dots, O\}$ – zbiór numerów odbiorców towarów, przy czym k – ma interpretację k -tego odbiorcy towarów, a l – ma interpretację l -tego odbiorcy towarów.

$TP^v = \{tp_s^v, tp_e^v\}$ – zbiór numerów terminali przeładunkowych, przy czym tp_s^v – ma interpretację terminala przeładunkowego, z którego v -ty pojazd rozpoczyna obsługę klientów, a tp_e^v – ma interpretację terminala przeładunkowego, do której v -ty pojazd wraca po zakończeniu obsługi klientów.

$V = \{1, 2, \dots, v, \dots, V\}$ – zbiór numerów pojazdów, przy czym v – ma interpretację v -tego numeru pojazdu wykorzystywanego do realizacji transportu (zwózki).

$TZ = [tz_{ij}]$ – macierz czasów przejazdu pomiędzy poszczególnymi elementami sieci zwózki, $(i, j) \in L$.

$TR = [tr_{kl}]$ – macierz czasów przejazdu pomiędzy poszczególnymi elementami sieci rozwózki, $(k, l) \in L$.

Q^v – ładowność v -tego pojazdu.

t_i^v – czas obsługi v -tego pojazdu u i -tego dostawcy.

t_k^v – czas obsługi v -tego pojazdu u k -tego odbiorcy.

tk – czas załadunku/rozładunku v -tego pojazdu w terminalu przeładunkowym.

q_i – wielkość podaży towarów w jednostkach wagowych u i -tego dostawcy.

q_k – wielkość popytu na towar w jednostkach wagowych u k -tego odbiorcy.

a_i – moment rozpoczęcia okna czasowego i -tego dostawcy.

b_i – moment zakończenia okna czasowego i -tego dostawcy.

a_k – moment rozpoczęcia okna czasowego k -tego odbiorcy.

b_k – moment zakończenia okna czasowego k -tego odbiorcy.

a_{tp} – moment rozpoczęcia pracy terminala przeładunkowego.

b_{tp} – moment zakończenia pracy terminala przeładunkowego.

Matematyczne sformułowanie ogólne rozpatrywanego problemu zawiera następujące zmienne decyzyjne:

- Binarne zmienne decyzyjne określające przebywanie pojazdu na danym łuku sieci dystrybucji postaci: $X = [x_{ij}^v]$ $Y = [y_{kl}^v]$

przy czym:

$$x_{ij}^v = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli łuk } (i, j) \text{ wchodzi do trasy } v\text{-tego pojazdu} \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$y_{kl}^v = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli łuk } (k, l) \text{ wchodzi do trasy } v\text{-tego pojazdu} \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

- Pozostałe zmienne decyzyjne

L_i^v – wielkość ładunku na v -tym pojeździe po przyjechaniu do i -tego punktu.

L_j^v – wielkość ładunku na v -tym pojeździe po przyjechaniu do j -tego punktu.

L_k^v – wielkość ładunku na v -tym pojeździe po przyjechaniu do k -tego punktu.

L_l^v – wielkość ładunku na v -tym pojeździe po przyjechaniu do l -tego punktu.

l_j – wielkość ładunku przewożona z i -tego do j -tego punktu.

l_l – wielkość ładunku przewożona z k -tego do l -tego punktu.

T_i^v – moment przyjazdu v -tego pojazdu do i -tego dostawcy towarów.

T_k^v – moment przyjazdu v -tego pojazdu do k -tego odbiorcy towarów.

T_D^v – moment dowozu v -tym pojazdem towaru od dostawców to terminala przeładunkowego.

T_W^v – moment wywozu v -tym pojazdem towaru z terminala przeładunkowego do odbiorców.

T_{RK} – moment rozpoczęcia kompletacji.

T_{ZK} – moment zakończenia kompletacji.

W związku z powyższą charakterystyką parametrów oraz zmiennych decyzyjnych zadania należy wyznaczyć takie wartości zmiennych decyzyjnych, dla których funkcja kryterium postaci:

$$F(X,Y) = tk + \sum_{v \in V} \left[\sum_{i \in D \cup \{tp_s^v\}} \sum_{j \in D \cup \{tp_e^v\}} tz_{ij}^v x_{ij}^v + \sum_{i \in D} t_i^v \sum_{j \in D \cup \{tp_s^v\}} x_{ij}^v + \sum_{k \in O \cup \{tp_s^v\}} \sum_{l \in O \cup \{tp_e^v\}} tr_{kl}^v y_{kl}^v + \sum_{k \in O} t_k^v \sum_{l \in O \cup \{tp_s^v\}} y_{kl}^v \right] \longrightarrow \min \quad (1)$$

przyjmować będzie wartość minimalną przy następujących ograniczeniach:

- Każdy dostawca/odbiorca może być obsługiwany tylko przez jeden pojazd

$$\forall i \in D \sum_{j \in D \cup \{tp_e^v\}} \sum_{v \in V} x_{ij}^v = 1 \quad \wedge \quad \forall k \in O \sum_{l \in O \cup \{tp_e^v\}} \sum_{v \in V} y_{kl}^v = 1 \quad (2)$$

- Liczba pojazdów obsługujących klientów nie może przekraczać liczby klientów

$$\sum_{j \in D} \sum_{v \in V} x_{tp_s^v, j}^v \leq V \quad \wedge \quad \sum_{l \in O} \sum_{v \in V} y_{tp_s^v, l}^v \leq V \quad (3)$$

- Każdy klient może wystąpić tylko raz jako węzeł początkowy trasy v -go pojazdu

$$\forall v \in V \sum_{j \in D \cup \{tp_e^v\}} x_{tp_s^v, j}^v = 1 \quad \wedge \quad \forall v \in V \sum_{l \in O \cup \{tp_e^v\}} y_{tp_s^v, l}^v = 1 \quad (4)$$

- Każdy klient może wystąpić tylko raz jako węzeł końcowy trasy v -go pojazdu

$$\forall v \in V \sum_{i \in D \cup \{tp_s^v\}} x_{i, tp_e^v}^v = 1 \quad \wedge \quad \forall v \in V \sum_{k \in O \cup \{tp_s^v\}} y_{k, tp_e^v}^v = 1 \quad (5)$$

- Kurs v -go pojazdu zaczyna się i kończy w bazie magazynowej

$$\forall v \in V, \forall j \in D \sum_{i \in D \cup \{tp_s^v\}} x_{ij}^v - \sum_{i \in D \cup \{tp_e^v\}} x_{ji}^v = 0 \quad \wedge \quad \forall v \in V, \forall l \in O \sum_{k \in O \cup \{tp_s^v\}} y_{kl}^v - \sum_{k \in O \cup \{tp_e^v\}} y_{lk}^v = 0 \quad (6)$$

- Ładowność v -go pojazdu nie może zostać przekroczona

$$\forall v \in V \sum_{i \in D} q_i \cdot \sum_{j \in D} x_{ij}^v \leq Q^v \quad \wedge \quad \forall v \in V \sum_{k \in O} q_k \cdot \sum_{l \in O} y_{kl}^v \leq Q^v \quad (7)$$

- Ograniczenie na wielkość ładunku na pojeździe

$$\forall v \in V, \forall i \in D, \forall j \in D \quad x_{ij}^v (L_i^v + l_j - L_j^v) \leq 0 \quad \wedge \quad \forall v \in V, \forall k \in O, \forall l \in O \quad y_{kl}^v (L_l^v - l_k - L_k^v) \leq 0 \quad (8)$$

- Ograniczenie na czas przejazdu pomiędzy wyróżnionymi węzłami sieci

$$\forall v \in V, \forall i \in D, \forall j \in D \quad x_{ij}^v (T_i^v + tz_{ij} - T_j^v) \leq 0 \quad \wedge \quad \forall v \in V, \forall k \in O, \forall l \in O \quad y_{kl}^v (T_l^v - tr_{kl} - T_k^v) \leq 0 \quad (9)$$

- Ograniczenie na momenty obsługi dostawców i odbiorców

$$\forall v \in V, \forall i \in D \quad a_i \leq T_i^v \leq b_i \quad \wedge \quad \forall v \in V, \forall k \in O \quad a_k \leq T_k^v \leq b_k \quad (10)$$

- Ograniczenie na moment zakończenia zwózki

$$\forall v \in V, \forall tp \in TP \quad a_{tp} \leq T_D^v \leq b_{tp} - tk \quad (11)$$

- Ograniczenie na moment rozpoczęcia rozwózki

$$\forall tp \in TP \quad a_{tp} \leq \min\{T_D^v\} \leq \max\{T_D^v\} \leq T_{RK} + tk \leq T_{ZK} \leq \min\{T_W^v\} \leq \max\{T_W^v\} \leq b_{tp} \quad (12)$$

- Warunek nieujemności zmiennych decyzyjnych

$$\forall i, j \in L \quad x_{ij}^v \geq 0 \quad \wedge \quad \forall k, l \in L \quad x_{kl}^v \geq 0 \quad (13)$$

3. ALGORYTM ROZWIĄZANIA ZADANIA WYZNACZANIA OPTYMALNYCH TRAS PRZEWOZU W JEDNOSZCZEBLOWYM SYSTEMIE DYSTRYBUCJI

W celu rozwiązania zadania wyznaczenia optymalnych tras przewozu w jednoszczebłowym systemie dystrybucji posłużono się autorską aplikacją komputerową.

Aplikacja umożliwia wyznaczenie optymalnych planów zwózki towarów od dostawców do terminala przeładunkowego. Następnie po dokonaniu kompletacji wysyłek w terminalu przeładunkowym, program umożliwia wyznaczenie optymalnych planów rozwózki towarów do ich finalnych odbiorców.

Uruchomienie modułu obliczeniowego aplikacji wymaga nadania wartości liczbowych następującym parametrom:

- liczby pojazdów obsługujących zarówno dostawców jak i odbiorców ładunków (po zakończeniu zwózki te same pojazdy wykorzystywane są do rozwózki),
- liczby dostawców ładunków,
- liczby odbiorców ładunków,
- wielkości ładunku u każdego z dostawców,
- wielkości zapotrzebowania u każdego z odbiorców ładunków,
- okien czasowych dostawców,
- okien czasowych odbiorców,
- macierzy czasów transportu pomiędzy poszczególnymi dostawcami oraz pomiędzy dostawcami a terminalem przeładunkowym,
- macierzy czasów transportu pomiędzy poszczególnymi odbiorcami oraz pomiędzy odbiorcami a terminalem przeładunkowym,
- godzin otwarcia terminala przeładunkowego,
- czasu kompletacji wysyłek w terminalu przeładunkowym,
- czasu obsługi pojazdów w punkcie dostawy/odbioru.

Poprawne określenie danych wejściowych pozwala na otrzymanie wyniku optymalizacji w zaledwie kilka sekund. Oczywiście czas trwania obliczeń zależy głównie od rozmiaru wprowadzonych danych.

Uproszczony algorytm opracowanej aplikacji składa się z kilku kolejnych kroków:

- 1) Wprowadzanie danych wejściowych niezbędnych do wykonania obliczeń.
- 2) Wyznaczenie optymalnych planów zwózki od dostawców do terminala przeładunkowego.
- 3) Kompletacja wysyłek w terminalu przeładunkowym.
- 4) Wyznaczenie optymalnych planów rozwózki z terminala przeładunkowego do odbiorców.
- 5) Wyznaczenie łącznego czasu trwania zwózki i rozwózki dla każdego z pojazdów.

Uzyskiwane dzięki aplikacji wyniki podzielone zostały na 4 grupy:

- lista kolejnych numerów punktów obsługiwanych przez poszczególne pojazdy

- momenty opuszczenia obsługiwanych punktów przez poszczególne pojazdy
- wielkości ładunku pobieranego/zostawianego w punktach przez poszczególne pojazdy
- łączne czasy trwania trasy dla każdego z pojazdów.

4. PRZYKŁAD OBLICZENIOWY WYZNACZANIA OPTYMALNYCH TRAS PRZEWOZU W JEDNOSZCZEBLOWYM SYSTEMIE DYSTRYBUCJI

W celu przedstawienia korzyści płynących z komputerowego wspomaganie wyznaczania optymalnych tras przewozu analizie poddano system dystrybucji składający się z 17 dostawców oraz 20 odbiorców. Każdy z klientów scharakteryzowany został zapotrzebowaniem na przewóz w jednostkach wagowych oraz oknem czasowym, w jakim może nastąpić jego obsługa. Zakres danych wejściowych dotyczących dostawców i odbiorców przedstawiono w tabeli 1., a wyniki optymalizacji tras z wykorzystaniem aplikacji komputerowej zestawiono w tabeli 2.

Tabela 1. Charakterystyki klientów

dostawcy				odbiorcy			
nr dostawcy	Podaż w kg	okno czasowe (godz.)		nr odbiorcy	Popyt w kg	okno czasowe (godz.)	
		początek	koniec			początek	koniec
1	3500	7	11	1	2000	13	17
2	4500	7	11	2	4400	13	17
3	2800	7	11	3	5300	13	17
4	5100	7	11	4	4250	13	17
5	4600	7	11	5	2600	13	17
6	3800	8	12	6	2300	13	17
7	4700	8	12	7	3500	13	17
8	6300	8	12	8	4100	13	17
9	3600	8	12	9	3300	14	18
10	1500	8	12	10	2950	14	18
11	2000	8	12	11	5500	14	18
12	6100	9	13	12	4800	14	18
13	5000	9	13	13	3500	14	18
14	3700	9	13	14	2000	14	18
15	2800	9	13	15	3000	14	18
16	4200	9	13	16	1900	15	19
17	3000	9	13	17	2340	15	19
				18	3800	15	19
				19	4000	15	19
				20	1660	15	19

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Wyniki optymalizacji tras przewozu w jednoszczeblowym systemie dystrybucji

Nr pojazdu	Czas realizacji zwózki w min.	Czas realizacji rozwózki wmin.	Punkty obsługi dla zwózki	Punkty obsługi dla rozwózki
Samochód 1	171	179	10-5-4	13-3-10
Samochód 2	183	177	14-2-9	17-9-11
Samochód 3	171	185	16-12	7-8-16
Samochód 4	178	217	8-3-15	14-6-5-12
Samochód 5	196	191	6-7-11	19-1-20-4
Samochód 6	164	126	13-1-17	18-2-15
SUMA	1063	1075		

Źródło: opracowanie własne.

Pozostałe dane wejściowe są następujące:

- 6 pojazdów o ładowności 12,
- terminal przeładunkowy pracuje w godzinach 6 – 18,
- czas rozładunku pojazdu w bazie – 25 min,
- czas załadunku/rozładunku pojazdu u klienta – 15 min.

PODSUMOWANIE

Przedstawiona w artykule aplikacja komputerowa wyznaczania optymalnych planów dostaw w jednoszczeblowym systemie dystrybucji z dodatkowymi ograniczeniami na liczbę i ładowność pojazdów oraz okna czasowe klientów z całą pewnością może posłużyć, jako narzędzie wspomagające pracę planistów transportu organizujących przewozy w jednoszczeblowych systemach dystrybucji. Umożliwia ona bardziej efektywne ekonomicznie w porównaniu z ręcznym planowaniem, wykorzystanie ładowności pojazdów oraz skrócenie łącznego czasu trwania transportu. Oba te czynniki mają bezpośredni wpływ na zmniejszenie liczby wykorzystywanych do realizacji przewozów pojazdów a co za tym idzie zmniejszenie nakładów związanych z funkcjonowaniem przedsiębiorstwa przewozowego.

Adknowledge: Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy". Projekt N N509 601839 pt. Metodyka kształtowania sieci transportowo-logistycznej w wybranych obszarach.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ambroziak T., Jachimowski R.: Aspekt czasu dostaw w optymalizacji hierarchicznego systemu dystrybucji. *Logistyka* 4/2009.
- [2] Fisher M.: Vehicle routing, *Handbooks in OR & MS*, Vol. 8, 1995 Elsevier Science
- [3] Gołomska E.: Podstawy logistyki, W. Naukowe Wyższej Szkoły Kupieckiej, Łódź 2006.
- [4] Jachimowski R., Pyza D., Żak J.: Routes planning problem with heterogeneous suppliers demand, *Materiały konferencyjne 21st Conference on Systems Engineering*, Las Vegas 2011.
- [5] Jacyna M.: Modelowanie i ocena systemów transportowych, OWPW, Warszawa 2009.
- [6] Knight K., Hofer J.: Vehicle scheduling with timed and connected calls: a case study. (*9per. Res. Q.* 19, 299-310, (1968).
- [7] Mazur J.: Orientacja na wiedzę a wyniki ekonomiczne przedsiębiorstwa, SGH - Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2008.
- [8] Pfohl H.: Systemy logistyczne, Poznań 1998.
- [9] Pullen H., Webb M.: A computer application to a transport scheduling problem. *Comput. J.* 10, 10-13, (1967).
- [10] Pyza D., Sankowski T.: Komputerowe wspomaganie projektowania obsługi transportowej z ograniczeniami na czas dostawy, *Logistyka* 2009.

TRANSPORTATION SERVICE PROBLEM IN THE SINGLE-LEVEL DISTRIBUTION SYSTEM

Abstract:

The paper presents the problem of the transportation service optimization in a single-level distribution system. The structure of the single-level distribution network and characteristics of its elements were defined. Optimization task for determining optimal transportation plans between suppliers and customers using cross-docking terminal was formulated. As the minimization criteria were taken costs and time of transport. Optimal transportation plans for the selected example were obtained by using author's computer application.

Key words: single-level distribution system- vehicle routing problem- pick-up problem- delivery problem.