

Zbigniew ŁUKASIK¹
Joanna BRIL²

EFEKTYWNA OBSŁUGA TRANSPORTOWA –MODELOWANIE SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

Problematyka zawarta w artykule dotyczy zagadnień związanych z planowaniem tras przewozu, przy odpowiednich założeniach. Zadania transportowe sprowadzają się do opracowania planu przewozu danego produktu z różnych źródeł zaopatrzenia do punktów, które zgłaszają zapotrzebowanie na ten produkt. Celem jest obniżka kosztów transportu, zwiększenie wydajności pracy pojazdów, a zarazem odciążenie dróg i ochrony środowiska, co pozwala na zredukowanie kosztów globalnych, przy jednoczesnym zsynchronizowaniu wielkości strumienia materiałowego z popytem na produkty i czasem ich dostaw.

EFFECTIVE TRANSPORT SERVICES - MODELLING OF THE TRANSPORT SYSTEMS

The matter issue included in the article concerns problems associated with transport tracks planning, making use of the appropriate assumptions. The transport tasks amount to formulation of the transport plan of the given product from various sources of delivery to the places, which report demand for this product. The aim is to reduce the costs of transportation, increase the efficiency of the vehicles work, as well as to counterbalance the roads and the environmental protection, which allow reducing of the global costs, while simultaneously synchronizing the scale of the material stream with the demand for the products and sometimes their delivery.

1. WSTĘP

Transport stanowi dynamiczny aspekt dystrybucji. Kierując się przesłankami dostępności produktów do klientów tworzy się infrastrukturę magazynową i sieci dystrybucji. Ze względu na potrzebę stworzenia struktury zarządzania i sterowania przepływem towarów tworzone są rejony obsługi klientów, gdzie wielkości dokonywanych zakupów są wielkościami szacunkowymi. Zasadne jest sprawdzenie, czy tak utworzone rejony, z wyróżnionymi w nich centrami dystrybucji, spełniają efektywnie swoją rolę.

¹ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
Tel: + 48 48 361-77-30, z.lukasik.@pr.radom.pl

² Podkarpacka Szkoła Wyższa, Wydział Ekonomii i Transportu; 38-200 Jasło; ul. Na Kotlinę 8.
Tel: + 48 13 445-95-13, Fax: + 48 13 445-95-37, joannabril@vp.pl

Przyjmując, że głównym celem jest zapewnienie odpowiednich wielkości dostaw do klientów, optymalizacja – wybór najodpowiedniejszej metody będzie polegała na efektywnej obsłudze transportowej, przy jak najniższych kosztach transportu. Jednym z najważniejszych celów nowoczesnego systemu transportowego, umożliwiającego harmonijne współdziałanie, bądź też zdrową konkurencję poszczególnych jego gałęzi, jest zaspokajanie potrzeb nabywców usług transportowych na wysokim poziomie. Kształtowanie systemu transportowego jest złożonym procesem decyzyjnym. Niezbędne jest poszukiwanie metod uwzględniających wieloaspektowość rozwiązywanych problemów, w tym metod wielokryterialnych. Stanowią one pomocne narzędzie w podejmowaniu właściwej decyzji o zakresie rozwoju systemu transportowego, np. modernizacji i rozbudowy sieci transportowej uwzględniającej różne cele poszczególnych użytkowników. Aby możliwe było zminimalizowanie składowania, konieczne jest zwiększenie liczby transportów. Można więc powiedzieć, że transporty w tym przypadku funkcjonują jako ruchome składy. Aby transport mógł spełniać takie funkcje, musi sprostać wymogom w zakresie szybkości, elastyczności, precyzji dostaw, wiarygodności, czyli temu wszystkiemu, co reprezentuje sobą koncepcja JiT. Ekonomia transportu wymaga, by nośniki były zawsze załadowane, co zderza się z problemem, że ładunki stały się obecnie znacznie mniejsze, lecz jest ich więcej. W rezultacie na drogach znajduje się obecnie wiele samochodów prawie pustych lub załadowanych do połowy.

Decydujące dla efektywności transportów jest ich racjonalne zaplanowanie i zorganizowanie. W znacznym stopniu ułatwia to technologia informatyczna. Skomputeryzowany system planowania tras zawiera dane o parku samochodowym, klientach i sieci dróg, a także o obecnych operacjach. Umożliwia on ciągłą łączność pomiędzy kontrolą ruchu, pojazdami, dostawcami i klientami. Dzięki niemu z dużą precyzją można planować, gdzie towary mają być odebrane, jakimi samochodami, jaką pojadą trasą i kiedy mają przybyć. Ponadto pojazdy wyposażone są w elektroniczne karty satelitarne, informujące, gdzie się aktualnie znajduje samochód i jakie jest natężenie ruchu. Można też kontaktować się z kierowcą zarówno w trakcie jazdy, jak i w czasie, kiedy oddalił się od samochodu, przekazywać mu instrukcje oraz polecenia dotyczące nowych zleceń do wykonania.

Planowanie tras przewozowych ma dwa podstawowe cele: obsługę zleceń i minimalizację kosztów. Poziom obsługi zapisany jest w zleceniu. W tym celu wykorzystuje się obecnie techniki komputerowe, dzięki którym osiąga się efektywne dopasowanie posiadanego parku maszynowego, infrastruktury magazynowej do, wymagań klientów. Można więc powiedzieć, że planowanie tras przewozowych prowadzi do obniżenia kosztów transportu, zwiększenia wydajności pracy pojazdów, ociążenia dróg i ochrony środowiska naturalnego.

2. PLANOWANIE PRZEWOZÓW

2.1 Założenia:

- Klienci „i” mający potrzeby „ q_i ” ($i=1, \dots, n$), przy czym jest „n” klientów, którzy są znani, bo złożyli zamówienia.
- Baza transportowa $i=0$, pojazdy o ładowności Q .
- Odległość pomiędzy poszczególnymi klientami a bazą „ d_{ij} ”.
- Czas przejazdu „ t_{ij} ” ($i, j = 0, 1, \dots, n$).

- Szukany jest plan tras przewozowych, który swój początek i koniec jazdy ma w bazie transportowej przy uwzględnieniu następujących wymagań: każdy klient musi być przypisany do trasy, inaczej nie jest obsługiwany; trasę obsługuje pojazd, który ma odpowiednią zdolność przewozową.

2.2 Kryteria wyboru:

- całkowita odległość (suma odległości baza - klient - baza),
 - całkowity czas przejazdu,
 - koszt zmienny (opłata za przejazd) może być liczony w stosunku do jednego kilometra lub w stosunku do jednej godziny pracy pojazdu,
 - liczba użytych pojazdów - związana jest z produktywnością.
- Kryteria te są ze sobą powiązane. Przy określeniu tras przewozowych przyjmuje się hierarchię kryteriów.

2.3 Podstawowe problemy planowania:

Przyporządkowanie klientów do danej trasy. Celem podstawowym jest minimalizacja użytych pojazdów.

Określenie kolejności obsługi klientów w ramach danej trasy. Jest to problem komiwojażera - jako kryterium może służyć całkowity koszt przejazdu lub całkowita odległość.

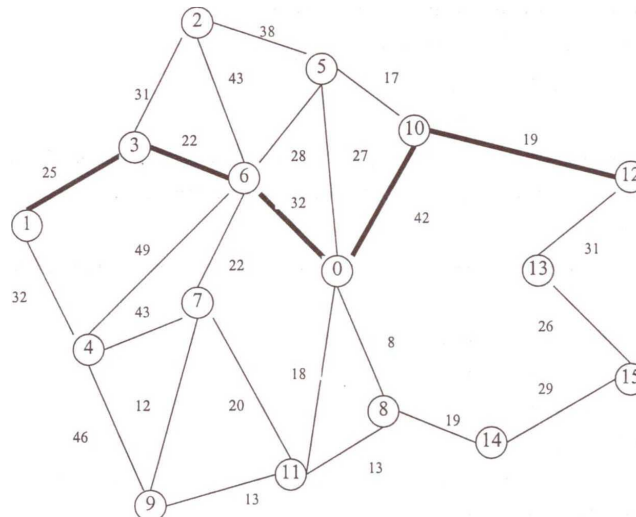
Podczas planowania mogą wystąpić dwie sytuacje, które wymagają odrębnego podejścia:

- codzienne zaplanowanie przewozów (codzienne formułowanie planów tras przewozowych). Trasy są zmieniane każdego dnia, zmieniają się koszty transportu oraz czas obsługi poszczególnych klientów,
- planowanie standardowych tras przewozowych – możliwa jest optymalizacja, terminy obsługi są ściśle określone.

2.4 Wymagania uzupełniające:

- ograniczenia dotyczące ładowności pojazdów,
- ograniczenia wynikające z prawa pracy, z możliwości stosowania przyczep, prawa postoju,
- różnorodność taboru: V pojazdów, każdy o ładowności $Q_v \in V$,
- „okna” czasowe obsługi klienta (przedział czasu - wykonanie zlecenia) $[a_i, b_i]$ $i=1, \dots, n$; dodatkowe wymagania dotyczące na przykład pory dnia,
- przedziały czasowe dotyczące gotowości pojazdów: $[A_v, B_v]$, $v \in V$. Obsługa podlega prawu pracy, rozpatrywać należy dostępność pojazdu i kierowcy,
- wielokrotne użytkowanie pojazdu w ciągu dnia.

2.5 Dane do planowania przewozów:



Rys. 1.1. Sieć dróg. 0 - Węzły sieci - magazyny, składy, położenie klientów, ważniejsze skrzyżowania, mosty, wiadukty - Krawędzie (gałęzie) - bezpośrednie połączenia, powiązania odległości partnerów przewozu. Źródło: J. Bendkowski: Wykłady z przedmiotu logistyka.

2.6 Trudności w węzłach w obszarach dużych miast:

Klienci położeni są bardzo blisko siebie. Jednemu węzłowi trzeba by przypisać wielu klientów i obraz byłby zamazany. Można wyróżnić dwa modele:

- model sieci dróg - otrzymuje go kierowca,
- model współrzędnych klientów dla poszczególnych węzłów.

2.7 Określenie trasy:

Do wyboru trasy optymalnej wykorzystuje się kryterium czasu. Aby je wykorzystać do planowania tras przewozowych, należy znać dokładny czas przejazdu poprzez stosowanie urządzeń kontrolnych zwanych telhometrami i stosowanie ewidencji po wykonaniu zlecenia lub w trakcie wykonania zlecenia.

Najkrótsza droga w planowaniu tras przewozowych:

Pojęcie to może być używane jako:

- odległość = czas przejazdu * prędkość,
- czas przejazdu = droga / prędkość,

- stosowanie tych kryteriów pozwala na poprawienie wykorzystania posiadanych pojazdów, na zapewnienie lepszego jakościowo serwisu dostaw, zmniejszenie liczby pojazdów,
 - dane o zleceniach,
 - zlecenia przekazywane są od klienta do przewoźnika; dodatkowe wymagania dotyczyć mogą:
 - miejsca wyładowania i pobrania towaru,
 - przedziału „okna” czasu dostaw,
 - przewożonej masy q_i ,
 - liczby palet, kontenerów.
- Zlecenie nie zawiera czasu postoju. Czas postoju $S_i = \alpha + \beta \cdot q_i$ jest wprost proporcjonalny do przewożonej masy.

Tablica 1.1. Zlecenia od klientów do przewoźnika.

Zlecenie (klient)	Potrzeby q_i	Czas przestoju [min]	Okna dostaw	
			a_i (od)	b_i (do)
1	28	32	7 ³⁰	10 ³⁰
2	42	44	10 ⁰⁰	12 ⁰⁰
3	15	22	12 ⁰⁰	14 ⁰⁰
4	35	38	13 ⁰⁰	16 ⁰⁰
5	23	28	7 ³⁰	10 ³⁰
6	29	33	10 ⁰⁰	12 ⁰⁰
7	24	29	12 ⁰⁰	14 ⁰⁰
8	21	27	13 ⁰⁰	16 ⁰⁰
9	22	28	7 ³⁰	10 ³⁰
10	37	40	10 ⁰⁰	12 ⁰⁰
11	15	22	7 ³⁰	14 ⁰⁰
12	23	28	13 ⁰⁰	16 ⁰⁰
13	18	24	7 ³⁰	10 ³⁰
14	29	33	10 ⁰⁰	12 ⁰⁰
15	20	26	13 ⁰⁰	16 ⁰⁰

Źródło : opracowanie własne .

2.8 Dane o pojazdach:

W bazie jest do dyspozycji zbiór pojazdów $v \in V$ każdy o ładowności Q , czas użytkowania $[A, B]$, czas przekazania - czas pomiędzy jednym a drugim użytkowaniem pojazdu.

Tablica 1.2. Park pojazdów do dyspozycji przewoźnika.

Pojazd v	Ładowność Q	Czas użytkowania		Czas przekazania [min]
		A (od)	B (do)	
1	120	7 ³⁰	16 ⁰⁰	30
2	80	7 ³⁰	16 ⁰⁰	30
3	80	7 ³⁰	16 ⁰⁰	30
4	70	7 ³⁰	16 ⁰⁰	30
5	60	7 ³⁰	16 ⁰⁰	30

Źródło: Ibid.

Przykładowe rozwiązanie zagadnienia:

- Droga przelotowa 60 km/h - dozwolona prędkość.
- Drogi pozostałe 40 km/h - dozwolona prędkość.
- Czas przejazdu.

Tablica 1.3. Minimalne czasy przejazdów (prawa górna część), odległości w dziesiątych km (lewa dolna część).

I/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		790	965	540	1055	405	320	555	120	465	420	270	610	1075	405	840
1	790		715	250	480	890	470	800	910	980	1145	1060	1335	1800	1195	1630
2	750	560		465	1195	570	645	975	1085	1155	825	1235	1015	1480	1370	1805
3	540	250	310		730	640	220	550	660	730	895	810	1085	1555	945	1380
4	810	320	880	570		1155	735	645	1080	690	1410	885	1600	2065	1365	1800
5	270	750	380	500	770		420	750	525	870	255	675	445	910	810	1245
6	320	470	430	220	490	280		330	440	510	675	590	865	1330	725	1160
7	370	690	650	440	430	500	220		495	180	975	300	1165	1605	780	1215
8	80	870	830	620	720	350	400	330		390	540	195	730	1110	285	720
9	310	810	770	560	460	580	340	120	260		885	195	1075	1500	675	1110
10	420	920	550	670	940	170	450	790	500	730		690	190	655	825	1045
11	180	970	930	720	590	450	500	200	130	130	600		880	1305	480	915
12	610	1110	740	860	1130	360	640	980	690	920	190	790		465	1015	855
13	920	1420	1050	1170	1440	670	950	1070	740	1000	500	870	310		825	390
14	270	1060	1020	810	910	540	590	520	190	450	690	320	880	550		435
15	560	1350	1310	1100	1200	830	880	810	480	740	760	610	570	260	290	

Źródło: Ibid.

$$S_i = 10 \text{ min} + 0,8 \text{ min} \cdot \text{jednostka masy przewozowej.}$$

3. TECHNIKI PLANOWANIA TRAS PRZEWOZOWYCH

3.1 Podział metod heurystycznych:

Dla otwartego problemu jednostopniowego jako klasyczne wykorzystuje się następujące metody:

- a) metodę jednostopniową SM (saving methods),
- b) metodę dwustopniową SWM (sweep methods).

1. Otwarte zagadnienia transportowe pozwalają zaprojektować dopuszczalny plan przewozu w oparciu o posiadane dane:

- metody jednostopniowe - polegają na rozwiązywaniu dwóch problemów. Posługują się symulacją jako metodą rozwiązania. Pierwszy problem to przyporządkowanie klientów do danej trasy w oparciu o określone kryteria, drugi problem to kolejność obsługi klientów w obrębie tej trasy;
- metody dwustopniowe - polegają na rozwiązaniu w pierwszym kroku problemu przyporządkowania klienta do trasy, a w drugim na rozwiązaniu zadania komiwojażera dla każdej trasy.

2. Metody doskonalenia planów przewozowych mają za zadanie racjonalizację procesów wewnątrz trasy przewozowej.

3.2 Zastosowanie metody SM dla problemu podstawowego. Oznaczenia:

D_{\max} – maksymalny czas przewozu,

d_{ij} – odległość $i, i=0, \dots, n$,

t_{ij} – czas przejazdu,

Ze zleceń:

q_i – wielkość zleceń,

s_i – czas postoju i-tego klienta,

Q – ładowność pojazdów.

3.3 Założenie:

Trasa jest symetryczna (ten sam czas z bazy do klienta i z powrotem); $q \leq Q$;

$2t_{0i} + s_i \leq D_{\max}$ jeżeli te dwa założenia są spełnione, to można przyporządkować klienta do trasy $T=(i_1, \dots, i_n)$.

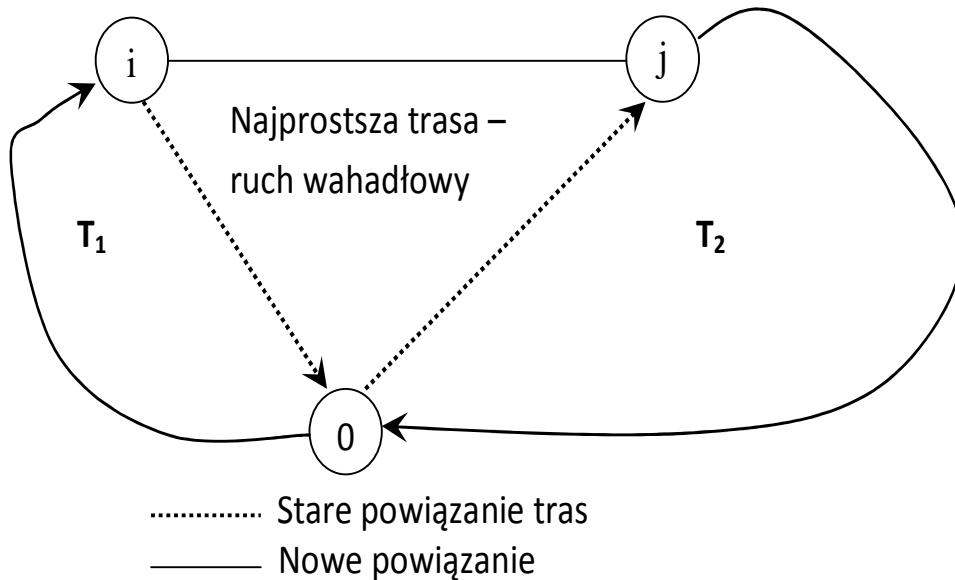
3.4 Rozwiązanie:

$q(T)$ – suma masy przewozowej,

$d(T)$ – całkowita odległość,

$t(T)$ – całkowity czas przejazdu,

Jeśli zostaną równocześnie spełnione warunki (wielkość przewozowa i czas), to można mówić, że taka trasa jest dopuszczalna (P - dopuszczalny plan trasy).



Rys. 2. Plan trasy od bazy do tego klienta i z powrotem.

$PT_i = m(i)$ dla $i=1, \dots, n$ (dla trasy wahadłowej),

T^* – kombinacja T_1 i T_2 , tak że i - to ostatni klient trasy T_1 , j - to ostatni klient trasy T_2 ,

$$\begin{aligned} T_1 &= (n, \dots, i) \\ T_2 &= (j, \dots, k) \\ T^* &= T_1 + T_2 = (n, \dots, i, j, \dots, k) \\ q(T^*) &= q(T_1) + q(T_2) \\ d(T^*) &= d(T_1) + d(T_2) + d_{ij} - d_{0i} - d_{0j} \\ t(T^*) &= t(T_1) + t(T_2) + t_{ij} - t_{0i} - t_{0j} \\ q(T^*) &\leq Qt(T^*) \leq D_{\max} \end{aligned}$$

Poprzez połączenie tych dwóch tras uzyskano skrócenie odległości:

$$S_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}$$

3.5 Procedura metody SM:

Start: wyznacza się dla pary S_{ij} maksymalną korzyść.

Sortować $\{i, j\}$ według malejącej wartości S_{ij}

$P = \{PT_i; i=1, \dots, n\}$

$q(PT_i) = q_i$

$d(PT_i) = 2d_{0i}$

$t(PT_i) = 2t_{0i} + S_i$ ($i=1, \dots, n$)

Iteracja:

- a) szukać następnej pary $\{i, j\}$ - Stop, gdy nie można znaleźć,
- b) sprawdzić dopuszczalność kombinacji $T^* = T_1 + T_2$ według wzorów (1), (2), gdy T^* niedozwolona, idź do a,
- c) aktualizacja planu.

Jest to przykład wykorzystywania metody iteracyjnej, która polega na szukaniu najlepszej korzyści (w tym przypadku skracaniu drogi) i sortowaniu S_{ij} , gdzie: S_{ij} = liczba sortowań, n - liczba klientów.

Metoda ta opiera się na parametryzacji zależności, co oznacza, że niespełnienie jednego warunku kończy trasę. Aby przeprowadzić optymalizację klientów ze względu na trasę, należy znaleźć D_{\max} oraz $S_{ij} = d_{0i} + d_{0j} + f^{|d_{0i}-d_{0j}|} - qd_{0j}$

Jeżeli $f=0$ i $q=1$, to równanie przechodzi do równania (3).

Wyznaczamy minimalną liczbę użytkowanych pojazdów, Za pomocą metod heurystycznych można znaleźć parametr, który wpływa na t_{ij} (minimalny czas przejazdu) oraz d_{ij} , Wykorzystując algorytm i parametryzację (udoskonalenie trasy) dokonano przeliczeń (tablica 1.4).

Tablica 1.4. Przegląd uzyskanych wyników.

Park pojazdów	Przedział dostaw	Wielokrotne dostawy	(t,q)	Pojazdy	Trasy	Km	Min	Ładowność	Czas	
---------------	------------------	---------------------	-------	---------	-------	----	-----	-----------	------	--

Lepszy plan przewozów:

I trasa obejmuje klientów (14, 15, 13, 12)

II trasa obejmuje klientów (4, 1, 3)

III trasa obejmuje klientów (2, 6)

IV trasa obejmuje klientów (8, 11, 9, 7)

V trasa obejmuje klientów (5, 10)

Ogólna długość wszystkich tras = 685 km

Całkowity czas przejazdu = 1342,5 min

Ładowność = 84,7%

Czas 52,6%

III wiersz tablicy:

Plan uzupełniony jest o przedziały czasowe dostawy zawarte w zleceniach.

Start: znane są przedziały czasu dostawy dla poszczególnych klientów. Dla każdej trasy można znaleźć taki czas $a(T)$ i $b(T)$, który będzie najwcześniejszym i najpóźniejszym czasem obsługi. $K(T)$ - czas, jaki upływa od przybycia do pierwszego klienta aż do wyjazdu od ostatniego klienta. Dla trasy wahadłowej otrzymujemy rozwiązanie:

$$[a(T) - d_{0i}; b(T) - d_{0i}]; a(T), b(T); K(T)$$

$$a(pT_i) = a_i; b(pT_i) = b_i; K(pT_i) = S_i$$

$$\text{dla } T^*: a(T^*) = \max \{ a(T_1); a(T_2) - K(T_1) - t_{ij} \}$$

$$b(T^*) = \min \{ b(T_1); b(T_2) - K(T_1) - t_{ij} \}$$

$$K(T^*) = K(T_1) + K(T_2) + t_{ij}$$

Jeśli $a(T^*) \leq b(T^*)$, to trasa jest asymetryczna np. $(f,q) = (0.2,0.4)$.

Tablica 1.5. Przegląd marszrut

Trasy	Najwcześniejsze	Najpóźniejsze	Km	Min
(1, 2, 3)	7:30	8:57	220	349
(9, 6, 12)	8:55	9:43	190	334
(5, 13, 10)	7:30	7:50	186	331
(11, 7, 14)	10:41	10:44	162	316
(14, 15, 8)	11 :03	11:19	112	254
Suma			870	1584

Zródło: Ibid.

IV wiersz tablicy:

Wielokrotne wykorzystanie pojazdów. Uwzględniono ograniczenia wynikające z niejednorodnego parku maszynowego: $v \in V$ $P, T \in P$. Każda trasa jest dozwolona dla maksymalnego trwania i przedziału czasu obsługi klienta: $T \in P$. Znane są: T ; $V(T) \in V$, czas startu $S(T)$, a także przyporządkowanie tras oraz czasy startowe dla tras.

$$\begin{aligned}
 q(T) &\leq Q_v(T) \quad T \in P \\
 A_{v \in T} &\leq S(T) \leq B_{vT} - t(T) \quad \text{dla } T \in P \\
 a(T) &\leq S(T) + d_{0i} \leq b(T) \quad \text{dla } T \in P \text{ oraz } i \\
 S(T) + t(T) + K_v &\leq S(U) \quad \text{dla } U \in P \quad V(T) = V(U) \\
 S(T) &\leq S(U)
 \end{aligned}$$

Po spełnieniu wyżej wymienionych ograniczeń może się okazać, że plan początkowy jest niedozwolony, posiadany park pojazdów jest niewystarczający do obsługi wybranych tras wszystkich klientów. Tę trudność pokonuje się wprowadzając fikcyjny pojazd U , tak by plan początkowy był dozwolony. W trakcie przeprowadzania obliczeń, kombinacji poszczególnych tras przeprowadza się zmiany, tak by fikcyjny pojazd został skreślony.

Przy prostym użytkowaniu otrzymujemy:

$$V(T) \neq V(U) \quad \text{dla } T, U \in P$$

Plan początkowy okazuje się niedozwolony, konieczne jest wprowadzenie fikcyjnych pojazdów:

- START: szukać dla początkowego $P - V(T)$; $S(T)$ $T \in P$ spełniające ograniczenia 5, 7; w razie konieczności wprowadzać fikcyjne pojazdy.
- sprawdzić dopuszczalność T^* : szukać $P^* = P \setminus \{T^*\} / \{T1, T2\}$
- $V^*(T)$; $S^*(T)$ $T \in P$, gdy się nie znajdzie, idź do a
- $P = P^* \cup V(T) = V^*(T)$
- $S(T) = S^*(T)$ $T \in P$

Wykreślić fikcyjne pojazdy.

3.6 Konfiguracja sieci transportowo-magazynowej:

Konfiguracja sieci to taka struktura punktów węzłowych i dróg, przez którą od źródeł wydobywania surowców poprzez miejsca podaży, skończywszy na miejscach popytu, przepływają produkty logistyczne. Wymaga to zestawienia zadań transportowych

z lokalizacją magazynów, a więc prowadzi do ustalenia, ile wystąpi punktów węzłowych i dróg, gdzie będą zlokalizowane, jaki rodzaj transportu będzie używany, jakie wykorzysta się magazyny i które produkty będą przemieszczane. Problem konfiguracji sieci zawiera dwa aspekty: przestrzenny i czasowy.

Przestrzenny aspekt dotyczy geograficznie wyznaczonych miejsc lokalizacji fabryk, magazynów i detalu, a czasowy oznacza czas dostawy produktu logistycznego do odbiorcy. Celami konfiguracji sieci są:

- Minimalizowanie wszystkich istotnych kosztów logistycznych związanych z przymusem usług logistycznych, tzn. z sytuacją, w której usługi te albo są świadczone na podstawie tradycji określonego regionu, albo są nierozwojowe w wyniku znaczącej konkurencji na rynku. W systemie logistycznym ten poziom usług związany jest z minimalizacją kosztów ich świadczenia.
- Maksymalizowanie poziomu obsługi klientów - odbiorców produktu logistycznego, kiedy ocenie podlegają całkowite koszty logistyczne, a nie jego poszczególne składniki.
- Maksymalizacja zysku wypracowanego przez logistykę przy maksymalizowaniu rozpiętości pomiędzy dochodami generowanymi przez świadczenie usług logistycznych a kosztami świadczenia tych usług.

Warunkiem koniecznym modelowania konfiguracji sieci jest zebranie rzetelnych danych źródłowych. Do takich danych zalicza się:

- wykaz produktów określonej linii produkcyjnej,
- podaż każdego z produktów w miejscach lokalizacji odbiorców,
- lokalizacja źródeł surowca, miejsc magazynowania i miejsc odbioru produktów logistycznych,
- koszty transportu, stawek przewozowych,
- koszty magazynowania i stawki opłat za powierzchnię magazynową,
- koszty zaopatrzenia i reprodukcji,
- wielkość i kształt produktu jako ładunku,
- czas przygotowania zamówień, czas realizacji zamówień oraz częstotliwość zamówień i koszty procesu zamówień.

Jednym z najistotniejszych problemów konfiguracji sieci jest obliczenie odległości przewozu jako bezpośrednio oddziałującej na koszty transportu pomiędzy punktami nadania a punktami odbioru ładunku. E. Gołomska przedstawia trzy metody obliczania odległości pomiędzy punktami nadania i odbioru produktu logistycznego.

- a) Odległość między punktami A i B ma charakter linii prostej (taka sytuacja w praktyce jest rzadko spotykana). W takim specyficznym przypadku odległość między punktem A i B oblicza się ze wzoru:

$$D_{AB} = K \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

gdzie:

D_{AB} - odległość pomiędzy punktami A i B,

X_A, Y_A - współrzędne punktu A,

X_B, Y_B - współrzędne punktu B,

K - współczynnik zmieniający miarę współrzędnej na miarę odległości.

b) Określenie odległości w układzie współrzędnych prostokątnych z uwzględnieniem współczynnika wydłużenia drogi (stosunek odległości komunikacyjnej do odległości liniowej), który na obszarze o dobrze rozwiniętej sieci transportowej wynosi dla dróg kołowych $w=1,17$, a dla dróg kolejowych $p=1,20$. Stąd wzór na obliczenie praktycznej odległości pomiędzy punktami A i B:

$$D_{AB} = w \cdot [(X_B - X_A)^p + (Y_B - Y_A)^p]^{\frac{1}{2}}$$

c) Formuła (opracowana przez R. Love), w której używa się szerokości i długości geograficznej. Można ją stosować nie tylko w odniesieniu do odległości pomiędzy punktami A i B wyznaczonej na podstawie mapy, ale także uwzględniając krzywiznę ziemi. Autor uwzględnił ten wzór jako formułę wielkiego koła i przedstawił ją następująco:

$$D_{AB} = 3959 \cdot \{\arccos[\sin(LAT_A) \cdot \sin(LAT_B) + \cos(LAT_A) \cdot \cos(LAT_B) \cdot \cos(LONG_B - LONG_A)]\}$$

gdzie:

D_{AB} - odległość między punktami A i B,

LAT_A - szerokość geograficzna punktu A,

$LONG_A$ - długość geograficzna punktu A,

LAT_B - szerokość geograficzna punktu B,

$LONG_B$ - długość geograficzna punktu B.

Zdaniem R. Love metoda ta jest często wykorzystywana w programach komputerowych w planowaniu logistycznym, ponieważ jest uniwersalna i może być wykorzystywana na całym świecie, mogą być w niej wykorzystywane różne źródła (mapy nawigacyjne, publikacje rządowe, encyklopedie), a przede wszystkim zapewnia dokładność obliczeń.

4. WNIOSKI

Źródłem planowania tras przewozowych są zlecenia na usługi. Dzięki marszrutom uzyskuje się obniżenie kosztów poprzez grupowanie klientów, rodzajów prac w trasy, do których przypisani są klienci, przy uwzględnieniu kolejności obsługi, a także zdolności przewozowych pojazdów (nie można przekroczyć ładowności, czasu obsługi, pojemności, odległości).

5. BIBLIOGRAFIA

- [1]. Jacyna M. ; Modelowanie i ocena systemów transportowych, Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2009
- [2]. Jędrzejczyk Z., Kukuła K., Skrzypek J., Walkosz A.; Badania operacyjne w przykładach i zadaniach. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006
- [3]. Rogalska D., Programowanie Liniowe. Algorytmy i zadania. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 1998

-
- [4].Brdyś M.; Metody optymalizacji w zadaniach. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1985
- [5].Bril J., Sołtysiak M.; Problemy transportowe –metoda wyznaczania optymalnej lokalizacji spalarni odpadów w wybranym obszarze usług logistycznych. Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009