

Mieczysław Grudziński\*

DYNAMICZNA OPTIMALIZACJA PARTII WYSYŁKOWYCH TOWARÓW  
PRZY NIEDOBORZE ŚRODKÓW TRANSPORTU

Charakterystyka problemu

Celem działalności transportowej w sferze sprzedaży jest zapewnienie zaopatrzenia klientów w zakupione przez nich wyroby, w dogodnym dla nich terminie. Wymieniony cel można osiągnąć zużywając różne wielkości nakładów zależnych od zastosowanego sposobu działania oraz dostępnych środków transportowych. Zatem, uwzględniając zasadę ekonomiczności działania, należy w konsekwencji postawić drugi cel - zminimalizowanie kosztu zaopatrywania klientów w wyroby przez nich zakupione. Znalezienie rozwiązań sprzyjających realizacji postawionych celów stanowi przedmiot rozważań tego opracowania.

Kompleksowe rozpatrzenie zagadnienia wymaga uwzględnienia kosztów powstających od chwili przyjęcia produktu do magazynu wyrobów gotowych do czasu wystawienia faktury na dany wyrób. Sprecyzujmy zatem, co kryje się pod sformułowaniem kosztu zaopatrzenia klientów w wyroby przez nich zakupione ( $K$ ). Koszt ten proponujemy określić jako sumę:

$$K = \sum_{i=1}^6 K_i,$$

---

\* Mgr, st. asystent w Zakładzie Ekonomiki i Organizacji Przedsiębiorstw, Instytut Ekonomiki Przedsiębiorstw UŁ.

gdzie:

- $K_1$  - koszt przewozu,
- $K_2$  - koszt załadunku,
- $K_3$  - koszt magazynowania,
- $K_4$  - koszty administracyjne,
- $K_5$  - koszt ubezpieczenia na czas przewozu,
- $K_6$  - koszt zaangażowania środków obrotowych (oprocentowanie środków obrotowych w okresie: od przyjęcia produktu do magazynu wyrobów gotowych do chwili wystawienia faktury dla tegoż produktu, będącego już przedmiotem dostawy).

Charakterystykę problemu wygodnie będzie rozpocząć od określenia dwóch czynników istotnie komplikujących nasze "zagadnienie transportowe". Pierwszy - to fakt, że partia wysyłkowa może składać się z jednego bądź wielu asortymentów, które z kolei mogą być przechowywane w jednym lub w wielu rodzajach opakowań bezpośrednich. Natomiast drugi polega na tym, że środki transportu zewnętrznego, którymi posługuje się przedsiębiorstwo, tylko w części podlegają jego kontroli. Dzieje się tak, gdyż owe środki transportu w dużej liczbie przypadków są elementami szerszych systemów transportowych, jak choćby PKP lub PKS.

Warto więc wyraźnie podkreślić, że zoptymalizowanie "zagadnienia transportowego", przy ograniczeniu się do danego przedsiębiorstwa wysyłającego towary i jego odbiorców, wcale nie musi być rozwiązaniem optymalnym dla wspomnianych już, szerszych systemów transportowych, o ile tylko przedsiębiorstwo wyżej wymienione korzysta z usług świadczonych przez owe systemy. Ten stan rzeczy, jak się to później okaże, został jednak złagodzony przez dobranie kryterium optymalizacji opartego na taryfach towarowych, a zatem wyrażającego preferencje przewoźnika.

W tym miejscu spróbujemy odpowiedzieć na pytanie, czy optymalizacja partii wysyłkowych towarów przy jednoczesnym abstrahowaniu od zakłóceń w sferze transportu prowadzi do osiągnięcia postawionych na wstępie celów? Otóż nie. Wydaje się, że taki sposób postępowania prowadzi do znacznego ograniczenia praktycznej wartości osiągniętych rozwiązań, o ile nie do braku ich praktycznego zastosowania. Wszak przy niedosycie środków transportu, odczuwanym w naszym kraju, należy liczyć się z ich niewystarczającą ilością bądź niedoborem określonych ich rodzajów.

Taka sytuacja skłania autora do łącznego rozważenia następują-

cych zagadnień: optymalizacji wielkości partii wysyłkowej towarów, wykorzystania rozporządzalnych środków transportu oraz możliwości wpływania na przewoźnika celem uzyskania potrzebnych środków transportu - jako zagadnień wzajemnie uwarunkowanych, ściśle od siebie zależnych, a jednocześnie stanowiących istotę rozważanego problemu.

Warto jeszcze dodać, że zadanie sieci dystrybucyjnej w sensie przestrzennym może wpływać na rozwiązanie w takim zakresie, w jakim przedsiębiorstwo może narzucać przewoźnikowi sposób obsługi swoich klientów. A ponieważ przedsiębiorstwo ma znikome możliwości narzucania przewoźnikowi szczegółowego terminu obsługi i jej kolejności w okresie zagwarantowanym umową, czy też drogi przemieszczania ładunku, zatem zadanie sieci dystrybucyjnej sprowadza się do określenia odległości poszczególnych klientów od producenta i odpowiadających im wielkości przewożonych towarów. Jest to dalsze uszczegółowienie problemu, dające możliwość perdykcji zrelatywizowania wielkości optymalnej partii wysyłkowej nie tylko ze względu na skład asortymentowy partii, ale i ze względu na odległość odbiorcy od producenta.

#### Propozycja wartościowania rozwiązań

Przeanalizujmy poszczególne składniki kosztu zaopatrywania klientów w wyroby przez nich zakupione (K), rozważając potrzebę ich uwzględniania w budowanym kryterium optymalizacji.

Peter F. Drucker twierdzi, że "tyle samo kosztuje praca administracyjna związana z realizacją małego zamówienia co dużego - tak samo trzeba zarejestrować zamówienie, wystawić zlecenie produkcyjne, zlecenie wysyłkowe, zafakturować, dać polecenie inkasa itd."<sup>1</sup> Jeżeli tak jest, a trudno przeczyć przytoczonemu stwierdzeniu, to koszty administracyjne, ponoszone w związku z każdorazowym dostarczeniem klientowi zakupionych przez niego wyrobów, są w przybliżeniu wartością stałą, niezależną od wielkości partii wysyłkowej. Drobne różnice w kosztach administracyjnych, będące

---

<sup>1</sup> P. F. D r u c k e r, Skuteczne zarządzanie, Warszawa 1976, s. 62.

funkcją zastosowanego środka transportu, a wynikające z obowiązujących w tym zakresie taryf, zostały włączone do funkcji-kryterium.

Ustalając kryterium optymalności, zrezygnowano z przyjęcia za takie wyłącznie kosztu własnego przewozu. Postąpiono tak, gdyż w przeciwnym wypadku pominięty zostałby produkt dodatkowy, wytwarzany przez pracowników zatrudnionych w transporcie, co w rezultacie nie pozwoliłoby uwzględnić całości kosztów społecznych. Poza tym, a zwraca na to uwagę E. P. Niestierow, wskaźniki stosowane przy określaniu kosztu własnego przewozu nie uwzględniają jego nieliniowego obniżania się wraz ze wzrostem odległości przewozu. "Lepiej już przyjąć jako kryterium optymalności poziom opłat taryfowych, ponieważ wówczas uzyskane rozwiązanie minimalizuje koszty ponoszone przez nadawców ładunku. Ponadto przyjęcie tego kryterium w pewnym sensie oznacza również minimalizację kosztów społecznych, gdyż poziom taryf bardziej odzwierciedla koszt społeczny niż indywidualne koszty przewozu"<sup>2</sup>.

Uwzględnienie realiów przedsiębiorstwa, dla którego rozwiązywany był problem, przyczyniło się do uproszczenia sposobu liczenia kosztu (K). Okazało się, że nie ma potrzeby uwzględniania w funkcji kryterium kosztu magazynowania ani też kosztu zaangażowania środków obrotowych. Pojemność magazynu wyrobów gotowych była bowiem na tyle ograniczona, że wydłużenie okresów magazynowania wyrobów celem lepszego skompletowania partii wysyłkowych, nie jest obecnie możliwe do przeprowadzenia. Natomiast postępowanie odwrotne - skrócenie średniego czasu magazynowania wyrobu gotowego - spowodowałoby dalsze zmniejszenie elastyczności dostaw w sferze sprzedaży bądź też nadmierną amplitudę wahań strumienia produkcji<sup>3</sup>.

Koszt załadunku winien być uwzględniony przy optymalizacji wielkości jednostki ładunkowej, bowiem jako koszt jednostkowy zależy głównie od struktury tejże jednostki ładunkowej, a nie wielkości partii ładunkowej bądź zastosowanego środka transportu.

W takiej sytuacji zdecydowano się na zastosowanie wielkości opłaty taryfowej (uiszczanej przewoźnikowi) jako kryterium opty-

<sup>2</sup> E. P. N i e s t i e r o w, Programowanie liniowe w transporcie, Warszawa 1974, s. 205.

<sup>3</sup> R. Ł u k a s z e w i c z, Dynamika systemów zarządzania, Warszawa 1975.

malności. Ma ono jeszcze jedną niebagatelną zaletę - bezpośredni związek z syntetycznymi wskaźnikami ekonomicznej efektywności przedsiębiorstwa, jakimi są zyski, oraz wartość produkcji dodanej. Warto bowiem zauważyć, że opłata taryfowa uiszczonej przez woźnikowi jest wielkością addytywną w formule liczenia zysku bądź wartości produkcji dodanej przedsiębiorstwa.

Zaproponowanego wyżej kryterium optymalizacji nie należy traktować jako wskaźnika jakości decyzji w sekwencyjnym procesie decyzyjnym, jakkolwiek wartości funkcji-kryterium są addytywne. Dzieje się tak, gdyż w praktyce niemal stale znajdujemy się w sytuacji, kiedy to nie dysponujemy swobodnym wyborem środka transportu. Są one bowiem zasobem deficytowym. Przeto należy stosować owe kryterium optymalności dla łącznej oceny przyjętych rozwiązań w pewnym okresie czasu (np. w ciągu doby). Dopiero wtedy znalezione optimum gwarantuje optymalizację zagadnienia jako całości.

W szczególnych sytuacjach partykularna kalkulacja prowadzona w celu zminimalizowania kosztów transportu ponoszonych przez dane przedsiębiorstwo może przynieść odbiorcom, a w rezultacie gospodarce narodowej, niewspółmiernie duże straty. Dotyczy to przypadków, gdy dostarczenie wyrobów limituje produkcję innych zakładów, bądź istotnie wpływa na realizację kontraktów eksportowych. W takich przypadkach celem działania winno być zapobieżenie ewentualnym stratom, których bezpośrednią przyczyną byłby brak produktów danego przedsiębiorstwa. W konsekwencji podstawowym kryterium decyzji o wielkości partii wysyłkowej i jej wcześniejszym wysłaniu będzie wartość oczekiwana ewentualnych strat dla gospodarki narodowej.

#### Sformułowanie kryterium przydziału optymalnego środka transportu danej partii wysyłkowej

Wprowadźmy niezbędne oznaczenia dla zdefiniowania funkcji  $f_p(m, d)$ . Zatem:

$m$  - wielkość (ciężar) partii wysyłkowej (wt),

$d$  - odległość odbiorcy towarów od producenta (w km),

$p(m, d)$  - funkcja zmiennych  $m : m > 10$  oraz  $d : d > 50$ , której

wartości są dane zbiorem należności uiszczanych przewoźnikowi - PKP, za przewóz przesyłki i świadczenia związane z przewozem<sup>4</sup>,

$s_r(m, d)$  - funkcja zmiennych  $m, d$ , której wartości są dane zbiorem należności uiszczanych przewoźnikowi za przewóz towarów w jednostkach ładunkowych, samochodem w dni robocze.

Niech  $f_r$  będzie funkcją zmiennych  $m; m > 10$  oraz  $d; d > 50$ , zadaną poniższym równaniem:

$$f_r(m, d) = p(m, d) - s_r(m, d),$$

oznaczającą różnicę między opłatą przewidzianą za jedną przesyłkę wagonową a opłatą przy korzystaniu z jednego samochodu.

Wartości funkcji  $p, s_r$  oraz  $f_r$  zostały policzone na podstawie danych zawartych w taryfach<sup>5</sup>. Następnie wyznaczono maksymalne wartości  $d$ , dla których spełniony jest warunek:

$$s_r(m, d) < p(m, d),$$

przy czym  $10 < m < 20$ .

W rezultacie otrzymano zależność funkcyjną  $d = s_r(m)$ , określonej w przedziale domkniętym  $[10, 20]$ , zadaną następującym układem:

$$\left\{ \begin{array}{ll} d = 110 & \text{dla } m \in (15,0, 15,5] \\ d = 120 & \text{dla } m \in (10,0, 10,3] \quad \cup (15,5, 16,0] \\ d = 130 & \text{dla } m \in (10,3, 10,7] \quad \cup (16,0, 16,4] \\ d = 140 & \text{dla } m \in (10,7, 11,1] \quad \cup (16,4, 16,8] \\ d = 150 & \text{dla } m \in (11,1, 11,4] \quad \cup (16,8, 17,2] \\ d = 160 & \text{dla } m \in (11,4, 11,7] \quad \cup (17,2, 17,6] \\ d = 170 & \text{dla } m \in (11,7, 12,0] \quad \cup (17,6, 17,9] \end{array} \right.$$

<sup>4</sup> Ograniczenia argumentów funkcji  $p(m, d)$  są konsekwencją przepisów PKP; i tak ciężar przesyłki  $m \geq 10$  t oraz odległość przewozu  $d \geq 50$  km - to warunki stawiane przez PKP dla przesyłek wagonowych. Ograniczenia te muszą zatem dotyczyć zdefiniowanej dalej funkcji  $f_r(m, d)$ .

<sup>5</sup> Taryfa towarowa Polskich Kolei Państwowych, Warszawa 1975; Taryfa towarowa transportu samochodowego i spedycji, Dziennik Taryf i Zarządzeń Komunikacyjnych, Załącznik do Nr 11 z 1975 r., poz. 55.

$$d = 180 \text{ dla } m \in (12,0, 12,3] \quad U(17,9, 18,2]$$

$$d = 190 \text{ dla } m \in (12,3, 12,6] \quad U(18,2, 20,0]$$

$$d = 200 \text{ dla } m \in (12,6, 12,7]$$

$$d = 210 \text{ dla } m \in (12,7, 15,0]$$

Zdefiniujemy obecnie zbiór  $S$ , którego znajomość okazuje się bardzo przydatna przy podejmowaniu decyzji przyporządkowania środka transportu partii wysyłkowej. Partia wysyłkowa jest w tym przypadku określona przez nadanie zmiennym  $d, m$  wartości liczbowych.

Niech każdej parze liczb  $m, d$  odpowiada na płaszczyźnie pewien punkt o współrzędnych prostokątnych  $m, d$ , który oznaczamy  $(m, d)$ .

Zbiorem  $S$  będziemy nazywali zbiór wszystkich punktów  $(m, d)$  płaszczyzny należących do obszaru ograniczonego:

- 1) zbiorem linii danych równaniami funkcji nieelementarnej  $d = g_r(m)$ ;
- 2) osią współrzędnych  $m$ ;
- 3) prostymi  $p_1, p_2$  o równaniach:  $p_1 : m = 10$  oraz  $p_2 : m = 20$ ;
- 4) odcinkami leżącymi na prostych danych równaniami  $m = \text{const.}$ , wystawionych w punktach nieciągłości prawostronnej funkcji  $g_r$ , przy czym odcinki mają tę własność, że suma odcinków oraz linii danych równaniami funkcji  $g_r$  tworzy jedną łamaną.

Ponadto niech do zbioru płaskiego  $S$  należą jego punkty brzegowe leżące na prostych  $p_1, p_2$  oraz punkty leżące na liniach danych równaniami funkcji  $g_r$ .

Tak zdefiniowany zbiór płaski  $S$  ma doniosłe znaczenie praktyczne. Okazuje się bowiem, że określona uprzednio funkcja  $f_r(m, d)$  posiada następującą własność: dla dowolnego punktu  $(m_0, d_0)$ :  $(m_0, d_0) \in S$  zachodzi:  $f_r(m_0, d_0) > 0$ .

Praktycznie oznacza to, że ze względów ekonomicznych partia wysyłkowa o ciężarze  $m_0$ , przeznaczona dla klienta odległego od miejsca wysyłki o  $d_0$ , winna być wysłana:

- a) samochodem, jeżeli punkt o współrzędnych  $(m_0, d_0)$  należy do zbioru  $S$ ;
- b) koleją, jeżeli punkt o współrzędnych  $(m_0, d_0)$  nie należy do zbioru  $S$ .

Ustalenie wielkości zamówień wagonów

Wprowadzimy potrzebne oznaczenia i definicje. Niech  $L$ ,  $L_1$ ,  $T$  oznaczają zmienne losowe:

- $L$  - stopień realizowania przez PKP zamówień na wagony;
- $L_1$  - procent brakujących wagonów liczony w odniesieniu do wielkości zamówień;
- $T$  - czas oczekiwania na realizację zamówienia wagonów zadowalającą przedsiębiorstwo.

Niech zmienne:  $a$ ,  $i$ ,  $A_1$ ,  $b_a$ ,  $n_i$ ,  $t_a$ ,  $w_a$  oznaczają:

- $a$  - liczbę zamawianych wagonów;
- $i$  - kolejny numer klasy zamówień;
- $A_1$  - 1-ta klasa zamówień wagonów;
- $b_a$  - liczba wagonów podstawionych po złożeniu zamówienia na  $a$ -tą liczbę wagonów;
- $n_i$  - liczebność zamówień w  $i$ -tej klasie;
- $t_a$  - liczba dni, które upływają od złożenia zamówienia na  $a$  wagonów do najbliższego dnia, w którym liczba wagonów podstawionych przez PKP jest równa liczbie wagonów zamówionych przez przedsiębiorstwo;
- $w_a$  - liczba zamówień  $a$ -tej liczby wagonów.

Ze względu na liczebność próby (dane dotyczą poszczególnych dni jednego roku) zgrupowano wyniki, a uprzednio - zamówienia w klasy. Za kryterium grupowania posłużyły dwa warunki - koniecznym był warunek nałożony na liczebność zamówień w  $i$ -tej klasie:

$$n_i > 30;$$

ponadto w niektórych przypadkach zgrupowano w klasy te wielkości zamówień, dla których wartości zmiennych losowych  $T$ ,  $L$  nie różniły się istotnie od siebie. W efekcie zmniejszono liczbę klas, przyczyniając się do większej czytelności uzyskanych wyników.

Zdefiniujmy teraz zmienne losowe  $L$ ,  $L_1$ ,  $T$ . Stopniem realizacji zamówień należących do  $i$ -tej klasy nazwiemy  $L(A_1)$ :

$$L A_1 = \frac{\sum_{A_1} \sum_{k=1}^{w_a} b_{ak}}{\sum_{A_1} a \cdot w_a}$$

procentem brakujących wagonów w 1-tej klasie zamówień nazwiemy  $L_1(A_1)$ :

$$L_1(A_1) = [1 - I(A_1)] \cdot 100\%;$$

natomiast  $T(A_1)$ :

$$T(A_1) = \frac{\sum_{A_1} \sum_{k=1}^{w_a} t_{ak}}{\sum_{A_1} w_a};$$

niech oznacza czas oczekiwania na realizację zamówienia należącego do i-tej klasy, zadowalającą przedsiębiorstwo.

Korzystając z danych źródłowych PKP o liczbie wagonów zamawianych i podstawianych, wyznaczono wartości zmiennych losowych  $L$ ,  $L_1$  i  $T$ . Na tej podstawie określono liczbę wagonów, których podstawienia należy się spodziewać  $E(a)$ , w zależności od wielkości złożonego zamówienia  $a$ . Dokonano tego według zależności:

$$E(a) = I(A_1) \cdot a,$$

gdzie  $a \in A_1$ .

Określenie wartości  $E(a)$  umożliwia podejmowanie "przeciętnie optymalnych" decyzji (z punktu widzenia przedsiębiorstwa zamawiającego wagony) odnośnie do ustalania wielkości zamówień. Praktycznie: mając określone rzeczywiste zapotrzebowanie na wagony, należy znaleźć wartość  $a$ , dla której wartość  $E(a)$  jest równa rzeczywistemu zapotrzebowaniu. Znaną liczbę  $a$  należy nanieść na zamówienie. Zastosowanie takiego algorytmu może nasuwać pewne wątpliwości, jednak warto dostrzec, że zgodnie z nim działając wykorzystuje się ustalone empirycznie zależności, a w konsekwencji podejmuje "przeciętnie optymalną" decyzję z punktu widzenia przedsiębiorstwa.

### Procedura ustalania optymalnej wielkości partii wysyłkowej dla każdego zamówienia

Opisane poniżej czynności należy wykonać w okresie 6 tygodni poprzedzających kwartał, na który składane są zamówienia.

1. Dokonanie podziału zamówień na równe części przewidziane do realizacji w poszczególnych miesiącach, przy zachowaniu odpowiedniej struktury asortymentowej tych części.

2. Dalszy podział wymienionych części na optymalne jednostki ładunkowe. W tym celu niezbędne jest wcześniejsze zoptymalizowanie jednostek ładunkowych, które tutaj pominięto (w praktyce mogą być nimi np. jednostki paletowe).

3. Pogrupowanie jednostek ładunkowych w optymalne partie wysyłkowe. Wykorzystać należy w tym celu zestaw rysunków obrazujący optymalne wykorzystanie środków transportu<sup>6</sup>. Kryterium optymalnego zgrupowania stanowić będzie każdorazowo pełne wykorzystanie ładowności dostępnych środków transportu. Dążyć równocześnie należy do zgrupowania jednostek ładunkowych w możliwie największe partie zapewniające pełne wykorzystanie ładowności największych środków transportu, bowiem stosowanie tych ostatnich jest najbardziej opłacalne.

4. Obliczenie ciężarów brutto poszczególnych partii wysyłkowych. Tak dokonany podział zamówień stanowić będzie wzorzec dla operatywnego grupowania w partie wysyłkowe wyrobów gotowych, przekazywanych do magazynu.

### Procedura ustalania optymalnego przyporządkowania rozporządzalnych środków transportu partiom wysyłkowym

1. Wyodrębnienie partii wysyłkowych o wysokim priorytecie, kwalifikujących partię do niezwłocznego wysłania.

2. Przydzielenie wymienionym partiom środków transportu samochodowego.

---

<sup>6</sup> Przykładowe analizy rozmieszczenia jednostek paletowych w najbardziej rozpowszechnionych w naszym kraju typach wagonów kolejowych, samochodów, naczep i przyczep oraz graficzne ilustracje tych analiz w: Jednostki paletowe w obrocie towarowym, Warszawa 1970, s. 87-95.

W wyniku opisanego postępowania pozostaje nam zbiór  $n$  partii wysyłkowych gotowych do nadania w danym dniu, partii określonych zadaniem wielkości parametrów  $m_k$  i  $d_k$ ,

gdzie:

$m_k$  - ciężar  $k$ -tej partii wysyłkowej;

$d_k$  - odległość odbiorcy  $k$ -tej partii od producenta.

Dalsza część procedury

3. Wykorzystując uprzednio sformułowane kryterium, przyporządkowujemy każdej partii wysyłkowej środek transportu.

4. Wyznaczamy wartości wskaźnika optymalności  $z_k$  w następujący sposób:

a) jeżeli punkt  $(m_k, d_k)$  należy do zdefiniowanego uprzednio zbioru  $S$ , a przyporządkowany  $k$ -tej partii środek transportu jest samochodem, to przyjmujemy:

$$z_k = 0;$$

b) jeżeli punkt  $(m_k, d_k)$  nie należy do zbioru  $S$ , a przyporządkowany partii  $k$ -tej środek transportu jest samochodem, to przyjmujemy:

$$z_k = -f_r(m_k, d_k);$$

c) jeżeli punkt  $(m_k, d_k)$  należy do zbioru  $S$ , a przyporządkowany  $k$ -tej partii środek transportu jest wagonem kolejowym, to przyjmujemy:

$$z_k = f_r(m_k, d_k);$$

d) jeżeli punkt  $(m_k, d_k)$  nie należy do zbioru  $S$ , natomiast przyporządkowany  $k$ -tej partii środek transportu jest wagonem kolejowym, to przyjmujemy:

$$z_k = 0.$$

5. Wyodrębniamy te partie wysyłkowe, dla których wartości parametrów  $m_k$  są sobie w przybliżeniu równe, natomiast przyporządkowane im środki transportu - różne. Niech będą nimi przykładowo: partia  $k$  oraz partia  $k + 1$ . Zamieniamy wzajemnie środki transportu przyporządkowane partiom  $k$  oraz  $k + 1$  i wyzna-

czamy nowe wartości wskaźników:  $z'_k$  i  $z'_{k+1}$  według algorytmu opisanego w części 4 procedury.

Jeżeli zachodzi:

$$z_k + z_{k+1} < z'_k + z'_{k+1},$$

wracamy do poprzedniego przyporządkowania środków transportu partiom  $k$  i  $k+1$ ;

Jeżeli natomiast zachodzi:

$$z_k + z_{k+1} > z'_k + z'_{k+1},$$

wprowadzamy przyporządkowanie uzyskane w wyniku zmiany środków transportowych.

Postępując w opisany wyżej sposób ze wszystkimi partiami, których ciężary są w przybliżeniu równe sobie, a przyporządkowane środki transportu różne, wyznaczmy maksymalną wartość sumy wszystkich wskaźników  $z_k$ , gdzie  $k = 1, 2, \dots, n$ . Natomiast łatwo sprawdzić, że:

$$\sum_{k=1}^n z_k = \min$$

stanowi warunek optymalnego - ze względu na poziom opłat uiszczanych w sumie przewoźnikom - przyporządkowania rozporządzalnych środków transportu partiom wysyłkowym gotowym do przesłania odbiorcom. Innymi słowy, jest to warunek poniesienia minimalnych strat spowodowanych częściowym niedoborem odpowiednich środków transportu.

6. Jeżeli wśród wartości wskaźników  $z_k$  znajduje się duża wartość dodatnia, należy rozważyć, czy możliwe jest wyekspediowanie  $k$ -tej partii wysyłkowej w dniach następnych. Wartość  $z_k$  równa jest bowiem stracie ponoszonej w związku z ekspedycją  $k$ -tej partii wysyłkowej nieodpowiednim środkiem transportu.

Warto zaznaczyć, że dla partii wysyłkowych wymienionych w częściach 1 i 2 procedury nie wyznaczamy wartości wskaźników  $z_k$ , gdyż - zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami - kierujemy się w tym przypadku zminimalizowaniem wartości oczekiwanej strat ponoszonych przez gospodarkę narodową w wyniku niedostarczenia w da-

nym czasie partii towaru danego producenta. Przeto i wartość wskaźnika  $z_k$  nie może stanowić tutaj kryterium optymalności.

### Rozwiązanie alternatywne

System jest tak pomyślany, aby umożliwiał podejmowanie optymalnych decyzji przy zmieniających się z każdym dniem liczbie i rodzaju rozporządzalnych środków transportu. Można zatem twierdzić, że system strukturalnie gwarantuje alternatywne sposoby działania jako konsekwencje zaistniałych sytuacji.

Wobec tego, pozostaje rozważenie takiego systemu, który byłby alternatywą zaprojektowanego. Jako alternatywę proponuje się rozważenie możliwości prowadzenia optymalizacji w odniesieniu do większej ilości partii wysyłkowych przewidzianych do nadania (np. z dwóch lub trzech dni, a nie z jednego) i w odniesieniu do rozporządzalnych środków transportu (analogicznie - z dwóch lub trzech dni). Uzyskiwany według ostatniej procedury plan działania na kolejne dwa lub trzy dni byłby z każdym dniem weryfikowany w procesie planowania kroczącego. Teoretycznie należy się spodziewać większych efektów niż w przypadku systemu zaprojektowanego, jednak jego wprowadzenie wiąże się ze znacznym skomplikowaniem systemu.

Rozważając tę alternatywę w kontekście skuteczności wdrożenia, warto zauważyć, że celowe jest wcześniejsze wprowadzenie systemu zaprojektowanego. Pozwala to bowiem na stopniowe przydzielanie poszczególnym osobom coraz trudniejszych zadań, a ponadto nie narzuca żadnych ograniczeń w zakresie rozwoju systemu w stronę rozwiązania alternatywnego.

Mieczysław Grudziński

### DYNAMIC OPTIMIZATION OF CONSIGNMENTS DURING SHORTAGE OF TRANSPORT MEANS

The author discusses dynamic optimization of consignments in conditions of shortage of transport means. Its aim is minimiza-

tion of delivery costs with simultaneous assurance of the delivery time convenience for the producer and consumer.

Optimization - from the producer's viewpoint - is performed gradually with utilization of the decisional criteria formulated earlier. The optimum is determined by the size and assortment structure of the order, distance between producer and user, and eventually by time due. rto probabilistic character of parameters defining accessible transport means. Consequently, to decrease uncertainty of action, the author proposes methods of estimating appriate parameters.