ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990
Seria: AUTOMATYKA z.100 Nr kol.1082

Barbara Mażbic-Kulma, Anna Pogorzelec,
Janusz Rydel
Instytut Badań Systemowych PAN

DWUPOZIOMOWE ZADANIE LOKALIZACJI I JEGO ZASTOSOWANIE W PRZEMYŚLE

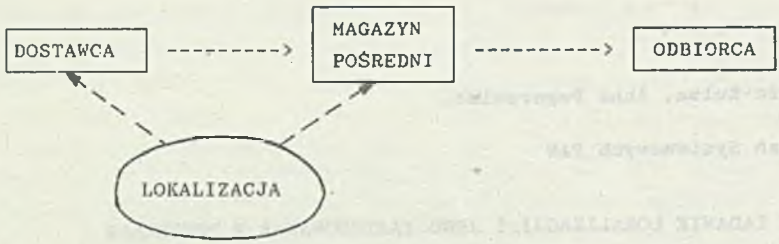
Streszczenie. W referacie zaprezentowano dwupoziomowe zadanie lokalizacji. Przedstawiono modele matematyczne oraz metody rozwiązania tego zadania, a także jego implementacje na przypadek, gdy istnieją pewne związki między wybraną klasą magazynów pośrednich a danym dostawcą. Na końcu przedstawiono dwa przykłady zastosowań.

1. Wstęp

Jedną z ważniejszych klas optymalizacji dyskretnej jest zagadnienie lokalizacji (zwane także w literaturze rosyjskiej zadaniem rozmieszczenia). Rodzina modeli matematycznych problemu lokalizacji rozciąga się od prostych jednoasortymentowych modeli po wersję nieliniową wieloasortymentową. Modele te można sklasyfikować w zależności od tego, w jaki sposób uwzględniane są następujące zagadnienia:

* liczba magazynów pośrednich,
* liczba towarów,
* struktura towarów (asortymentów),
* struktura kosztów (liniowa lub nieliniowa),
* horyzont planowania (statyczny lub dynamiczny),
* zapotrzebowania (stochastyczne lub deterministyczne),
* sieć dystrybucji (ograniczona lub nieograniczona pojemność).

W pracy [2] przedstawiliśmy problem dystrybucji produktów naftowych. Pokazaliśmy wówczas, że to zadanie należy do klasy zadań lokalizacji jednopoziomowej z ograniczoną dostawą. W niniejszej pracy zajmiemy się zadaniami lokalizacji dwupoziomowej, a więc takim przypadkiem, gdzie występują dwa rodzaje lokalizowanych obiektów. Schematycznie najprostszy taki model przedstawia rys.1.
Takie dwupoziomowe zadanie lokalizacji występuje w literaturze niezmiernie rzadko. Niewiele jest prac poświęconych tej tematyce. Jest to jednak zagadnienie istotne z punktu widzenia zastosowań.



Rys.1. Schemat zadania lokalizacji dwupoziomowej.
Scheme of the two-level facility location problem.

Tak więc w pracy przedstawimy :

a) model matematyczny problemu dwupoziomowego oraz pewne jego implementacje ;

b) algorytm rozwiązujacy dwupoziomowe zadanie lokalizacji;

c) przykłady zastosowań.

2. Model matematyczny

Wprowadzimy następujące ograniczenia :

i - numer dostawcy,

j - numer magazynu pośredniego,

k - numer odbiorcy;

f_i - stałe koszty i-tego dostawcy;

g_j - stałe koszty j-tego magazynu pośredniego;

c_{ijk} - całkowite koszty eksploatacji i dystrybucji zwiazane z realizacja zapotrzebowań k-tego odbiorcy przez i-tego dostawcę i j-ty magazyn pośredni;

x_{ijk} - udział i-tego dostawcy w realizacji zapotrzebowania k-tego odborcy poprzez j-ty magazyn pośredni;

$$z_j = \begin{cases} 1 - \text{jeśli lokalizacja j-tego magazynu pośredniego jest rozpatrywana;} \\ 0 - \text{w przeciwnym przypadku;} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1 - \text{jeśli lokalizacja i-tego dostawcy jest rozpatrywana;} \\ 0 - \text{w przeciwnym przypadku;} \end{cases}$$

Wówczas problem lokalizacji dwupoziomowej można zapisać następująco :

$$\min \sum_{i\in \mathbb{L}} f_i y_i + \sum_{j\in \mathbb{M}} g_j z_j + \sum_{i\in \mathbb{L}}\sum_{j\in \mathbb{M}}\sum_{k\in \mathbb{N}} c_{ijk}\, x_{ijk} \qquad (1)$$

gdzie :

$$\sum_{i\in L}\sum_{j\in M} x_{ijk} = 1 \qquad \text{dla } k \in N ; \qquad (2)$$

$$\sum_{j\in M} x_{ijk} \le y_i \qquad \text{dla } j \in M,\ k \in N ; \qquad (3)$$

$$\sum_{i\in L} x_{ijk} \le z_j \qquad \text{dla } j \in M,\ k \in N ; \qquad (4)$$

$$y_i \le z_i \qquad \text{dla } i \in L ; \qquad (5)$$

$$y_i,\ z_j \in \{0,1\} \qquad \text{dla } i \in L,\ j \in M,\ k \in N;$$

$$x_{ijk} \ge 0 \qquad \text{dla } i \in L,\ j \in M,\ k \in N; \qquad (6)$$

Funkcja celu wyraża całkowite, sumaryczne koszty składajace się ze stałych kosztów f_i dla dostawców, g_j dla magazynów pośrednich oraz kosztów c_{ijk} produkcji i transportu od dostawcy, magazynowania i transportu między dostawcą a magazynem pośrednim oraz transportu z magazynu do odbiorcy. Jeśli koszty u dostawców są nieliniowe, można je aproksymować liniowo przez wprowadzenie fikcyjnych dostawców lub magazynów pośrednich.

Ograniczenia :

(2) - zapewniają zaspokojenie zapotrzebowań;

(3) i (4) - zapotrzebowania będą zaspokojone tylko przez rozpatrywanych dostawców i magazyny pośrednie;

(5) - magazyn pośredni związany z i-tym dostawcą musi być uwzględniony, jeśli jest rozpatrywany i-ty dostawca.

W praktycznych zastosowaniach dwupoziomowego problemu lokalizacji występują często pewne dodatkowe (boczne) ograniczenia. Zdarza się bowiem, że istnieją związki między pewną wybraną klasą magazynów pośrednich a danym dostawcą (fabryką). Problem taki rozpatrywany był w pracy [4]. Przedstawia się on następujaco :

I, J, K - zbiór fabryk, magazynów pośrednich i odbiorców ;

J_i^a - zbiór magazynów pośrednich, które są związane z fabryka i;

J^s - zbiór wydzielonych magazynów pośrednich :

$$J^a \cup J^s = J; \qquad J^a = \bigcup_{i\in I} J_i^a .$$

$\left.\begin{array}{l} f_i \\ g_j \end{array}\right\}$ - stałe koszty lokalizacji fabryki i oraz magazynu pośredniego j.

c_{ijk} - zmienne koszty realizacji zapotrzebowań odbiorcy k z fabryki i przez magazyn pośredni j.

$$y_i = \begin{cases} 1 - \text{jeśli i-ta fabryka będzie lokalizowana;} \\ 0 - \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

$$z_j = \begin{cases} 1 - \text{jeśli j-ty magazyn będzie lokalizowany;} \\ 0 - \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

x_{ijk} - część zapotrzebowań odbiorcy k zrealizowanych z fabryki i przez magazyn pośredni j.

Problem lokalizacji można teraz sformułować jako zadanie mieszanego programowania dyskretnego :

$$\min Z = \sum_{i\in I} f_i y_i + \sum_{j\in J} g_j z_j + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K} c_{ijk}\, x_{ijk} \tag{7}$$

przy ograniczeniach :

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{ijk} = 1 \qquad \text{dla } k \in K ; \tag{8}$$

$$\sum_{j\in J} x_{ijk} \le y_i \qquad \text{dla } i \in I,\ k \in K ; \tag{9}$$

$$\sum_{i\in I} x_{ijk} \le z_j \qquad \text{dla } j \in J,\ k \in K ; \tag{10}$$

$$y_i \le z_j \qquad \text{dla } i \in I,\ j \in J_i^a \tag{11}$$

$$\left.\begin{array}{ll} y_i,\ z_j \in \{0,1\} & \text{dla } i \in I,\ j \in J \\ x_{ijk} \ge 0 & \text{dla } i \in I,\ j \in J,\ k \in K; \end{array}\right. \tag{12}$$

Funkcja celu minimalizuje stałe koszty lokalizacji fabryk i magazynów pośrednich oraz zmienne koszty przewozów towarów do odbiorców z fabryk przez magazyny pośrednie.

Znaczenie ograniczeń :

(8) - zapotrzebowanie każdego odbiorcy musi być zaspokojone;

(9),(10) - zapotrzebowanie każdego odbiorcy może być realizowane tylko z otwartej fabryki lub otwartego magazynu pośredniego;

(11) - boczne ograniczenie : jeśli fabryka jest otwarta, to związany z nią magazyn pośredni też.

Jeśli $J_i^m = \emptyset$ dla $i \in I$, to problem (7) redukuje się do klasycznego problemu lokalizacji dwupoziomowej.

Jeśli zażada się odwrotnej kolejności, tzn. jeśli magazyn pośredni jest otwarty, to i fabryka też, wtedy ograniczenia przybierają postać jak w modelu z wieloma rodzajami towarów.

3. Algorytm rozwiązania dwupoziomowego zadania lokalizacji

Przedstawiony poniżej algorytm został podany przez Kaufmana, Eedego i Hansena [1]. Jest on oparty na metodzie podziału i oszacowań. Przed prezentacją algorytmu konieczne jest jednak wprowadzenie pewnych oznaczeń i założeń. Otóż w bieżącej iteracji wyznaczamy dla każdej zmiennej decyzyjnej trzy zbiory :

$K_0^I = \left\{ i : y_i = 0 \right\}$ – te zmienne y_i, które przyjmuja wartość 0;

$K_1^I = \left\{ i : y_i = 1 \right\}$ - te zmienne y_i, które przyjmuja wartość 1;

$K_2^I = \left\{ 1,2,\ldots,l \right\} \setminus \left\{ K_0^I \cup K_1^I \right\}$ - te zmienne y_i, które nie sa rozpatrywane w bieżącej iteracji.

Analogicznie postępujemy dla zmiennych z_j :

$K_0^J = \left\{ j : z_j = 0 \right\}$;

$K_1^J = \left\{ j : z_j = 0 \right\}$;

$K_2^J = \left\{ 1,2,\ldots,m \right\} \setminus \left\{ K_0^J \cup K_1^J \right\}$.

Zastapienie zmiennych y_i i z_j przez ich wartości we wzorach (1)-(6) daje następujace określenie podproblemu :

$$\min \sum_{i\in K_1^I} f_i + \sum_{i\in K_1^J} g_j + \sum_{i\in K_2^I} f_i y_i + \sum_{i\in K_2^J} g_j z_j + \sum_{i\in K_1^I\cup K_2^I} \sum_{j\in K_1^J\cup K_2^J} \sum_{k\in N} c_{ijk} x_{ijk} \tag{13}$$

przy ograniczeniach :

$$\sum_{i\in K_1^I\cup K_2^I} \sum_{j\in K_1^J\cup K_2^J} x_{ijk} = 1 \qquad \text{dla} \quad k \in N \tag{14}$$

$$\sum_{j\in K_1^J\cup K_2^J} x_{ijk} \le y_i \qquad \text{dla } j \in K_2^I,\ k \in N ; \tag{15}$$

$$\sum_{i\in K_1^I\cup K_2^I} x_{ijk} \le z_j \qquad \text{dla } j \in K_2^J,\ k \in N ; \tag{16}$$

$$y_i \le z_i \qquad \text{dla } i \in K_2^I; \tag{17}$$

$$y_i,\ z_j \in \{0,1\} \qquad \text{dla } i \in K_2^I,\ j \in K_2^J,\ k \in N; \tag{18}$$

$$x_{ijk} \ge 0 \qquad \text{dla} \quad i \in K_1^I \cup K_2^I;\ j \in K_1^J \cup K_2^J;\ k \in N;$$

Niech c_{mk} oznacza najmniejsze koszty zaspokajające zapotrzebowania odbiorcy k:

$$c_{mk} = \min_{i,j} \left\{ c_{ijk} : i \in K_1^I,\ j \in K_1^I \right\} \tag{19}$$

Warunkiem koniecznym dla dostarczenia odbiorcy k towaru od dostawcy i przez magazyn pośredni j w każdym optymalnym rozwiazaniu (które jest spełnieniem bieżacego częściowego rozwiazania)jest, aby :

$$c_{ijk} \le c_{mk}$$

Ten warunek pozwala ustalić górne ograniczenia m_i i n_j na liczbę odbiorców zaopatrywanych odpowiednio z fabryki i oraz magazynu posredniego j :

$$m_i = \left\{ k : \exists\, j \in K_1^J \cup K_2^J : c_{ijk} < c_{mk} \right\} \qquad \text{dla } i \in K_2^I ; \tag{20}$$

$$n_j = \left\{ k : \exists\, i \in K_1^I \cup K_2^I : c_{ijk} < c_{mk} \right\} \qquad \text{dla } j \in K_2^J . \tag{21}$$

Zdefiniujemy wartości c'_{ijk} dla wszystkich : $i \in K_1^I \cup K_2^I$; $j \in K_1^J \cup K_2^J$; $k \in N$ w następujący sposób :

$$c'_{ijk} = \begin{cases} c_{ijk} + f_i/m_i + g_j/n_j & i \in K_2^I;\ j \in K_2^J; \\ c_{ijk} + f_i/m_i & i \in K_2^I;\ j \in K_2^J; \\ c_{ijk} + g_j/n_j & i \in K_1^I;\ j \in K_2^J; \\ c_{ijk} & i \in K_1^I;\ j \in K_1^J; \end{cases} \tag{22}$$

oraz wartości c'_{rk} dla $k \in N$ tak, aby :

$$c'_{rk} = \min_{i,j} \left\{ c'_{ijk} : i \in K_1^I \cup K_2^I,\ j \in K_1^J \cup K_2^J \right\} \tag{23}$$

Twierdzenie 1.

Dolne ograniczenie na wartość rozwiązania podproblemu (13)-(18) jest określone następująco :

$$z' = \sum_{i \in K_1^I} f_i + \sum_{j \in K_1^J} g_j + \sum_{k \in N} c'_{rk} \tag{24}$$

Wartość optymalnego rozwiązania podproblemu (13)-(18) nie może przekroczyć z'. Ma to miejsce wtedy, gdy niemożliwa jest już lokalizacja dodatkowego dostawcy ani magazynu pośredniego. Jeśli jest to możliwe, wtedy wartość (24) zmieni się (zwiększy lub zmniejszy) dla dostawcy i :

$$p_i = \left[\sum_{k \in N} \max_{j \in K_1^J \cup K_2^J} \left(0,\ c_{mk} - c_{ijk} \right) \right] - f_i \tag{25}$$

a dla magazynu pośredniego j o wartość q_j :

$$q_j = \left[\sum_{k \in N} \max_{i \in K_1^I \cup K_2^I} \left(0,\ c_{mk} - c_{ijk} \right) \right] - g_j \tag{26}$$

Całkowite dolne ograniczenie określi nam twierdzenie 2. :

Twierdzenie 2.

Całkowite dolne ograniczenie dla podproblemu (13)-(18) wynosi :

$$z'' = \sum_{i \in K_1^I} f_i + \sum_{j \in K_1^J} g_j + \sum_{k \in N} c'_{rk} - \sum_{i \in K_1^I} \max(p_i, 0) - \sum_{j \in K_1^J} \max(q_j, 0) \tag{27}$$

Dowody obu twierdzeń podano w [1].

Algorytm

(a) Inicjalizacja. Ustawiamy $z_{opt} = \infty$.
(b) Pierwszy bezpośredni test optymalności. Wyliczamy wartości m_i, n_j, c'_{ijk} i c'_{rk} ze wzorów : (20) - (23), zaś wartość ograniczenia z' ze wzoru (24). Jeśli $z' \geq z_{opt}$, idziemy do (h).
(c) Test rozwiązania. Jeśli wszystkie zmienne y_i i z_j są ustawione na 0 lub 1, modyfikujemy wartość z_{opt} (18) i idziemy do (h).
(d) Pierwszy test warunkowej optymalności. Wyliczamy, dla wszystkich $i \in K_2^I$, wartości p_i z (25). Jeśli $p_i<0$, ustawiamy y_i na 0.
(e) Drugi test optymalności warunkowej. Dla wszystkich $j \in K_2^J$ wyliczamy wartości q_j ze wzoru (26). Jeśli $q_j<0$, ustawiamy z_j na 0.
(f) Drugi bezpośredni test optymalności. Wyliczamy z" (27). Jeśli $z">z_{opt}$, idziemy do (h).
(g) Wybór. Jeśli przynajmniej jedna zmienna została ustawiona w czasie ostatniego wykonania kroków (d) i (e), wtedy idziemy do (b). W przeciwnym przypadku wyliczamy :

$$p_k = \max_{i \in K_2^I} p_i \ ; \qquad q_l = \max_{j \in K_2^J} q_j .$$

Jeśli $p_k \geq q_l$,ustawiamy y_k na 1,w przeciwnym przypadku z_l na 1.Idziemy do (b).
(h) Szukamy ostatniej zmiennej y_k lub z_l ustawionej na 1, jeśli takiej nie ma, wtedy KONIEC. W przeciwnym przypadku zwalniamy wszystkie zmienne ustawione na 0 po y_k lub z_l. Następnie ustawiamy y_k lub z_l na 0 i idziemy do (b).

4. Przykłady zastosowań

4.1. Zadanie dystrybucji produktów mleczarskich

Działalność przemysłu mleczarskiego można ogólnie przedstawić następujaco :

DOSTAWCY → PUNKTY SKUPU → MLECZARNIE → ODBIORCY

Rys.2. Dystrybucja produktów mleczarskich
Dairy products distribution

Jak widzimy, rys.2. składa się z następujących czterech bloków:
a) DOSTAWCY - blok ten obejmuje dostawców mleka - a więc rolników;
b) PUNKTY SKUPU - zwane także inaczej zlewniami; sa to pomieszczenia

służace do przechowywania mleka zwożonego od wielu dostawców. Właściwe rozmieszczenie tych magazynów jest bardzo ważne, gdyż transport od dostawców do zlewni odbywa się przeważnie końmi;

c) MLECZARNIE - sa to zakłady przetwórcze produkujace konserwy mleczne, masło, sery itp.;

d) ODBIORCY - blok ten obejmuje między innymi sklepy, magazyny handlowe.Z powyższego schematu wynika, że mamy do czynienia z problemem dwupoziomowym. Istotna jest tu bowiem lokalizacja zarówno punktów skupu, jak i mleczarni. Opis matematyczny tego problemu przedstawia się następujaco :

Oznaczenia :

i - numer dostawcy mleka ; $i \in \mathbb{M}$ - zbiór numerów dostawców mleka

j - numer punktu skupu mleka ; $j \in \mathbb{N}$ - zbiór numerów punktu skupu.

Zgodnie z powyższym opisem zbiór $\mathbb{N}$ jest suma :

$$\mathbb{N} = N_o \cup N$$

gdzie:

N - zbiór numerów nowych lokalizacji punktów skupu;

N_o - zbiór numerów istniejących punktów skupu;

k - numer mleczarni(zakładu przetwórczego), $k \in \mathbb{K}$ - zbiór numerów

Analogicznie jak poprzednio zbiór $\mathbb{K}$ jest sumą następujacych zbiorów :

$$\mathbb{K} = K_o \cup K$$

gdzie:

K - zbiór numerów nowych lokalizacji mleczarni;

K_o - zbiór numerów istniejacych mleczarni;

l - numer odbiorcy (np. sklepu); $l \in \mathbb{L}$.

Następnie przez a, a', a" oznaczymy odpowiednio możliwości produkcyjne dostawców, punktów skupu, mleczarni, zaś przez b_l zapotrzebowanie l-tego odbiorcy (np. sklepu). Dla dalszych rozważań wprowadzimy ponadto następujace wielkości :

f_j - stały koszt j-tego punktu skupu;

g_k - stały koszt k-tej mleczarni;

$$\left.\begin{array}{l} c_{ij} \\ c'_{jk} \\ c''_{kl} \end{array}\right\} \text{-jednostkowe koszty eksploatacyjno-transportowe.}$$

Zmienne decyzyjne:

W prezentowanym modelu przyjmujemy, że zmiennymi decyzyjnymi sa następujace wielkości :

$x_{ij} \geq 0$ - ilość mleka przewiezionego od i-tego dostawcy do j-tego punktu skupu;

$w_{jk} > 0$ - ilość mleka przewiezionego od j-tego punktu skupu do k-tej mleczarni;

$w^p_{kl} > 0$ - ilość p-tego produktu mlecznego przewiezionego z k-tej mleczarni do l-tego odbiorcy.

W celu uproszczenia przez nas zadania do dalszych rozważań będziemy zakładać, że każdy produkt mleczny został przeliczony na mleko. Oznaczając zatem :

$p \in P$- zbiór produktów mlecznych;

α_p - współczynnik zawartości mleka w produkcie p;

otrzymujemy :

$$V_{kl} = \sum_{p \in P} \alpha_p \cdot V^p_{kl} \geq 0$$ - ilość mleka przewieziona z k-tej mleczarni do l-tego odbiorcy

$$z_j = \begin{cases} 1 - \text{gdy j-ty punkt skupu będzie budowany;} \\ 0 - \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

$$y_k = \begin{cases} 1 - \text{gdy k-ta mleczarnia będzie budowana;} \\ 0 - \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

Wówczas nasze zadanie można przedstawić następujaco:

Zminimalizować funkcję celu będaca suma kosztów inwestycyjnych, transportowych i eksploatacyjnych postaci:

$$\sum_{j \in N} f_j z_j + \sum_{k \in K} g_k y_k + \sum_{i \in M} \sum_{j \in N \cup N_0} c_{ij} x_{kj} + \sum_{j \in N \cup N_0} \sum_{k \in K \cup K_0} c'_{jk} w_{jk} + \sum_{k \in K \cup K_0} \sum_{l \in L} c''_{kl} V_{kl}$$

przyjmujac następujące ograniczenia:

a) ilość mleka przewiezionego od i-tego dostawcy do punktu skupu jest nie większa od możliwości produkcyjnych i-tego dostawcy:

$$\sum_{j \in N \cup N_0} x_{ij} \leq a_i \qquad \text{dla } i \in M$$

b) ilość mleka przewiezionego do j-tego punktu skupu jest nie większa od możliwości produkcyjnych tego punktu skupu:

$$\sum_{i \in M} x_{ij} \leq a'_j z_j \qquad \text{dla } j \in N$$

$$\sum_{i \in M} x_{ij} \leq a'_j \qquad \text{dla } j \in N_0$$

c) ilość mleka przewiezionego do j-tego punktu skupu jest równa ilości mleka wywożonego z j-tego punktu skupu do mleczarni:

$$\sum_{i\in M} x_{ij} = \sum_{k\in K\cup K_o} w_{jk} \qquad \text{dla } j \in N$$

d) ilość mlęka przewiezionego do k-tej mleczarni z punktów skupu jest nie większa od możliwości produkcyjnych k-tej mleczarni:

$$\sum_{j\in N\cup N_o} w_{jk} \le a''_k y_k \qquad \text{dla } k \in K$$

$$\sum_{j\in N\cup N_o} w_{jk} \le a''_k \qquad \text{dla } k \in K_o$$

e) ilość mleka w k-tej mleczarni jest równa ilości mleka przewożonego (wywożonego) od odbiorców :

$$\sum_{j\in N\cup N_o} w_{jk} = \sum_{l\in L} v_{kl} \qquad \text{dla } k \in K \cup K_o$$

f) ilość produktów mlecznych przewożonych do l-tego odbiorcy jest nie większa niż jego zapotrzebowanie na te przewozy:

$$\sum_{k\in K\cup K_o} v_{kl} \le b_l \qquad \text{dla } l \in L$$

1.2. Problem wywożenia odpadów komunalnych

Problem ten został przedstawiony w pracy [6]. Dotyczy on zbiórki i wywozu odpadów komunalnych w Kanadzie. Istnieja tam dwa podstawowe systemy transportowania odpadów w postaci stałej od wytwórców (gospodarstwa domowe, przedsiębiorstwa) do miejsc utylizacji (wysypiska).

System z Calgary (stan Alberta) polega na zbieraniu śmieci raz w tygodniu z obszarów zbiórki, na które podzielone jest miasto. Samochód wraz załoga ma przydzielonych kilka obszarów, z których zabiera śmieci i zawozi bepośrednio do najbliższego wysypiska.

W drugim systemie użytkowanym w Edmonton, śmieci sa zabierane do lokalnych stacji pośrednich, w których sa przetwarzane (rozdrabniane i prasowane) i dopiero potem transportowane przez ciagniki dużej mocy do głownego wysypiska.

Podobne systemy działaja w innych miastach, a różnice dotycza rodzaju przetwarzania w stacjach pośrednich i częstotliwości zbiórki.

Głowna zaleta systemu Calgary jest minimalny wpływ na środowisko naturalne, ponieważ wysypiska lokalizowane są na krańcach miasta. Z drugiej strony, koszty pracy załóg i maszyn transportujących śmieci są wysokie. Dlatego ważną rolę w tym systemie odgrywa problem optymalnej marszrutyżacji zbiórki śmieci.

System z Edmonton posiada niskie koszty transportu śmieci do stacji pośrednich oraz większy stopień wykorzystania taboru i załóg.

5. Zakończenie

Tak jak wspomniano we wstępie, dwupoziomowe zadanie lokalizacji występuje w literaturze niezmiernie rzadko. Stąd też niewiele jest metod rozwiązujących tego typu zadania. Niemniej jednak zdaniem autorów zadanie dwupoziomowe jest ważne z praktycznego punktu widzenia.
W punkcie 4.1 autorzy zaprezentowali zastosowanie dwupoziomowego zadania lokalizacji do rozwiązania zagadnienia dystrybucji mleka.
Innym ciekawym przykładem zastosowań jest przytoczony w punkcie 4.2 problem wywożenia odpadów komunalnych. Ze względu na ochronę środowiska właściwa lokalizacja wysypisk śmieci jest problemem rozwiązywanym aktualnie przez wiele państw świata. W chwili obecnej autorzy rozpatrują zastosowanie tego zadania do problemu lokalizacji punktów skupu i przetwórni owoców i warzyw. Opis matematyczny tego zadania jest zbliżony do opisu zadania dystrybucji mleka. Stąd też autorzy zdecydowali się nie przytaczać go ze względu na brak miejsca. Zostanie on zamieszczony w opracowaniu [4].

LITERATURA

[1] Kaufman L.,Eede v M.V.,Hansen P.: A Plant and Warehouse Location Problem. Oper.Res.Quart. 28/77, pp.547-554.

[2] Komorowska E.,Mażbic-Kulma B.,Stępień J.: Zagadnienie dystrybucji produktów naftowych. Zeszyty Naukowe Polit.Śl., z.94, Gliwice 1988.

[3] Komorowska E.,Mażbic-Kulma B.,Stępień J.: Analiza zadania lokalizacji z uwzględnieniem magazynów pośrednich i jego zastosowania w praktyce. Opracowanie ZBO IBS PAN, 4/89.

[4] Mażbic-Kulma B.,Pogorzelec A.,Rydel J.: Zadania lokalizacji i ich zastosowania.Opracowanie ZBO IBS PAN,W-wa,1990.

[5] Ro H.,Tcha D. : A Branch-and-Bound Algorithm for the Two-Level Uncapacitated Facility Location Problem. EJOR 18/84, pp.349-358.

[6] Wirasinghe S.C.,Waters M.N. : An Approximate Procedure for Determining the Number Capacities and Locations of Solid Waste Transfer Station in an Urban Region. EJOR 12/83./83.

Recenzent: Doc.dr h.inż.A.Świerniak

Wpłynęło do Redakcji do 1990-04-30.

A TWO-LEVEL LOCATION PROBLEM AND ITS INDUSTRIAL APPLICATION

S u m m a r y

The two-level facility location problem is considered in this paper. The formulation, solution methods and some examples of utilization in industry are presented.

ЗАДАЧА РАЗМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ДВУХ УРОВНЕЙ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р е з ю м е

В статье представлена формулировка и методы решения задачи размещения для двух уровней /завод и склад/. Представлены примеры использования задачи в разных отраслях промышленности.