

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

KOMPUTEROWY SYSTEM "LOKALIZA" DO WIELOPOZIOMOWEJ LOKALIZACJI INWESTYCJI W PRZEMYSŁE

Streszczenie. W pracy przedstawiono opis pakietu do wielopoziomowej lokalizacji inwestycji przemysłowych. System rozwiązuje znane z literatury zadanie lokalizacji i wyznacza optymalne punkty do lokalizacji inwestycji. Do rozwiązania zadania lokalizacji jednopoziomowej zastosowano algorytm oparty na metodzie podziału i oszacowań wykorzystujący submodularność funkcji celu (tw. Czerenina), natomiast dla zadania wielopoziomowego - algorytm Kaufmana.

1. Wstęp

Rosnące znaczenie wspomagania komputerowego przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych oraz coraz szerzej rozwijająca się współpraca z przedsiębiorstwami dystrybucji produktów naftowych, mleczarskich oraz owocowo-warzywnych ([2],[3]) skłoniły autorów pracy do stworzenia pakietu programów użytkowych, które mogłyby być wykorzystywane w procesie lokalizacji nowych inwestycji. W nowych warunkach gospodarowania, kiedy obniżenie kosztów ma odgrywać decydującą rolę, szczególnie wnikliwie powinien być analizowany główny składnik wszelkich kosztów przedsiębiorstwa, tj. koszty transportowe, które w głównym stopniu zależą od właściwego rozmieszczenia zakładów kooperujących, filii, punktów skupu, przetwórci, magazynów itp. Na podstawie analizowanych przedsiębiorstw autorzy doszli do wniosku, że w praktyce zadania lokalizacji różnią się nie tylko liczbą występujących poziomów, ale również kierunkiem przepływu dóbr materialnych. Zdecydowano, że pakiet programów lokalizacyjnych, nazwany roboczo "LOKALIZA", powinien analizować i rozwiązywać cztery podstawowe rodzaje zadania lokalizacji:

- * lokalizację jednopoziomową dostawców;
- * lokalizację jednopoziomową odbiorców;
- * lokalizację dwupoziomową dostawców i magazynów;
- * lokalizację dwupoziomową odbiorców i magazynów.

Szczegółowy opis formalny tych zadań zawierają prace [1],[2],[3], natomiast na rys.2. przedstawiono schematy rozwiązywanych przez system zadań w postaci wydruku okienka konwersacyjnego.

Komputerowy system "LOKALIZA" został opracowany dla danych z trzech regionów Polski :

- * rzeszowskiego;
- * przemyskiego;
- * tarnowskiego.

Dla tych województw zebrano dane o punktach skupu mleka, zlewniach, mleczarniach oraz sieci połączeń między nimi. Użytkownik może w prosty sposób wybrać interesujący go rejon lokalizacji (rys.1.), rodzaj rozwiązywanego zadania (rys.2.) oraz określić liczby i nazwy poszczególnych punktów procesu dystrybucji, czyli odbiorców, dostawców oraz magazyny pośrednie (rys.3.). "LOKALIZA" wyszuka następnie wartości najkrótszych dróg w sieci połączeń między punktami lokalizacji, dokona wyboru najlepszej lokalizacji i zaprezentuje ją użytkownikowi na mapie rejonu. Wszystkie te funkcje realizowane są przez poszczególne moduły systemu :

- 1.Program główny LOKALIZA do zarządzania, wprowadzania danych i prezentacji wyników;
 - 2.Program LOK-1 do rozwiązywania jednopoziomowego zadania lokalizacji;
 - 3.Program LOK-2 do rozwiązywania dwupoziomowego zadania lokalizacji;
 - 4.Program DROGA do wyszukiwania najkrótszych tras w sieci drogowej;
- Schemat powiązań między przedstawionymi wyżej modułami przedstawia rys.4 , zaś krótkie omówienie poszczególnych modułów przedstawiono poniżej.

2. Moduł lokalizacji jednopoziomowej LOK-1

Moduł ten umożliwia rozwiązanie jednopoziomowego zadania lokalizacji, w którym uwzględniane są ograniczenia dotyczące wielkości dostaw. Szczegółowy opis takiego zadania został przedstawiony w pracach autorów [2],[3].Zadanie to polega na minimalizacji funkcji będącej sumą kosztów eksploatacyjnych, inwestycyjnych i transportowych. Zakłada się przy tym, że



Rys.1. Wybór rejonu lokalizacji

Fig.1. The choice of the location region

- ilość produktu przewożonego od dostawcy jest równa zapotrzebowaniu odbiorcy;
- ilość produktu przewożonego od dostawcy nie jest większa od jego możliwości produkcyjnych bądź magazynowych.

W pracy [2] został także przedstawiony szczegółowy opis metody rozwiązania tego problemu. Zaprezentowany tam algorytm wykorzystuje własności submodularności funkcji celu (twierdzenie Czerenina) w ten sposób, że pewne warianty lokalizacji (zwane nieperspektywicznymi) nie są rozpatrywane. Pozwoliło to na znaczne skrócenie czasu obliczeń.

3. Moduł lokalizacji dwupoziomowej LOK-2

Moduł ten zawiera zaimplementowany w języku TURBO PASCAL algorytm Kaufmana, Eedego, Hansena, który opisany jest szczegółowo w [1],[3]. Algorytm ten do rozwiązywania dwupoziomowego zadania lokalizacji wykorzystuje metodę podziału i oszacowań. W bieżącej iteracji dla każdej zmiennej decyzyjnej wyznaczane są trzy klasy zbiorów :

- * zbiór ze zmiennymi wybranymi do lokalizacji (cecha 1);
- * zbiór ze zmiennymi niewybranymi do lokalizacji (cecha 0);
- * zbiór ze zmiennymi nierozpatrywanymi.

Funkcja celu minimalizuje stałe koszty lokalizacji dostawców (odbiorców) i magazynów pośrednich oraz zmienne koszty przewozów towarów między odbiorcami i dostawcami przez magazyny pośrednie. Jeśli koszty te są nieliniowe, aproksymuje się je liniowo przez wprowadzenie fikcyjnych dostawców, odbiorców lub magazynów. W każdej bieżącej iteracji wartość funkcji celu jest porównywana z dolnymi ograniczeniami, które sformułował Kaufman [1], [3]. Jeżeli niemożliwa jest już lokalizacja dodatkowego dostawcy (odbiorcy) ani magazynu pośredniego (zbiór zmiennych nierozpatrywanych jest pusty), wartość bieżącego rozwiązania przyjmowana jest jako optymalna.

4. Procedura DROGA wyznaczania najkrótszych dróg w sieci połączeń między punktami lokalizacji

Procedura ta opiera się na metodzie Dijkstry [4]. Modyfikacje wprowadzone w niniejszej implementacji wynikają z odmiennego zapisu struktury sieci drogowej (schemat kodowania sieci podany jest poniżej). W wyniku działania procedury otrzymuje się wartość najkrótszych dróg z zadanego wierzchołka do pozostałych wszystkich wierzchołków sieci.

WYBÓR RODZAJU LOKALIZACJI

1. Lokalizacja jednopoziomowa odbiorców postaci :

Dostawca ----> Odbiorca

2. Lokalizacja jednopoziomowa dostawców postaci :

Dostawca ----> Odbiorca

3. Lokalizacja dwupoziomowa odbiorców i magazynów :

Dostawca ----> Magazyn ----> Odbiorca

4. Lokalizacja dwupoziomowa dostawców i magazynów :

Dostawca ----> Magazyn ----> Odbiorca

DECYZJA ? (Wpisz nr wariantu 1, 2, 3 lub 4) : 4 Enter

Rys.2. Wybór rodzaju zadania lokalizacji

Fig.2. The choice of the type of the location

Przyjmijmy następujące oznaczenia:

Niech $G_d^k = \langle X^k, \bar{R}^k, d \rangle$ będzie podsiecią k -tego rzędu sieci wyjściowej, rozpięta na początkowym węźle "s" oraz $k-1$ węzłach pozostałych, należących do zbioru $X - \{s\}$. Długości najkrótszych dróg p_j w tej podsieci z "s" do "j" ($j \in X^k$) są długościami najkrótszych dróg w sieci G_d .

Poniższe twierdzenie określa węzeł "m" taki, że :

$$X^{k+1} = \{m, X^k\}, \text{ gdzie } k = 2, 3, \dots, n-1;$$

$$\text{zaś } X^1 = \{s\} - \text{węzeł początkowy.}$$

Twierdzenie

$p_m = p_q + d_{qm}$ jest długością najkrótszej drogi między węzłami "s" i "m" ($m \notin X^k$) w sieci G_d , jeśli :

$$p_q + d_{qm} = \min \{ p_i + d_{ij} \mid i \in X^k, j \notin X^k \}.$$

5. Przygotowanie danych

Wersję użytkową "LOKALIZY" przygotowano dla danych z rejonu trzech województw :

- * rzeszowskiego;
- * przemyskiego;
- * tarnowskiego.

Dla każdego rejonu lokalizacji wymagany jest jeden zbiór danych ze współrzędnymi punktów granicznych :

RZE_GR.TXT dla rejonu rzeszowskiego;

PRZ_GR.TXT dla rejonu przemyskiego;

TAR_GR.TXT dla rejonu tarnowskiego.

Dla każdego rejonu lokalizacji przygotowano zbiór z danymi o potencjalnych punktach lokalizacji. Są to zbiory :

RZESZOW.TXT

PRZEMYSL.TXT

TARNOW.TXT

Postać rekordu danych w każdym zbiorze jest identyczna i wygląda następująco :

NR-53	YSP-599 X	YSP-599 Y	NAZWA PKTUP DO ZD ZNAK.	68877,808188	62822,817088
-------	-----------	-----------	----------------------------	--------------	--------------



Rys.3. Przykład dwupoziomowego zadania lokalizacji dla rejonu przemyskiego, gdzie:
 o - odbiorca,
 d - dostawca,
 m - magazyn pośredni.

Fig.3. Example of the two-level location problem for Przemyskie region, where:
 o - customer,
 d - supplier,
 m - warehouse.

Cztery pierwsze pola rekordu nie powinny być zmieniane przez użytkownika, natomiast dwa ostatnie zawierają przewidywane koszty otwarcia w danej miejscowości punktu dostaw (np. fabryka) lub punktu odbioru towarów (sklep, przetwórnia itp.) oraz magazynu pośredniego.

Każdy rejon lokalizacji traktowany jest jako sieć, w której wierzchołkami są punkty lokalizacji (miejscowości), zaś łukami połączenia drogowe między nimi. Na łukach opisana jest odległość w kilometrach. Aby zapisać sieć w pamięci maszyny cyfrowej, konieczne jest przygotowanie dwóch rodzajów tablic (zbiorów danych) :

tablicy SKOROWIDZ o wymiarach [liczba wierzchołków w sieci],

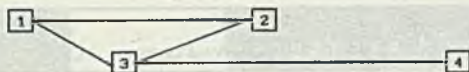
tablicy KRAWĘDZ o wymiarach [2 * liczba łuków w sieci, 2].

SKOROWIDZ - zawiera jako i-ty element numer wiersza tablicy KRAWĘDZ, od którego rozpoczyna się opis łuków wychodzących z i-tego wierzchołka. Jeżeli i-ty wierzchołek jest izolowany, to wartość SKOROWIDZ [i] jest zerem.

KRAWĘDZ - zawiera w kolejnych wierszach :

- * numer wierzchołka sąsiedniego;
- * odległość w kilometrach między wierzchołkiem rozpatrywanym i sąsiednim.

Przykład



Dla sieci :

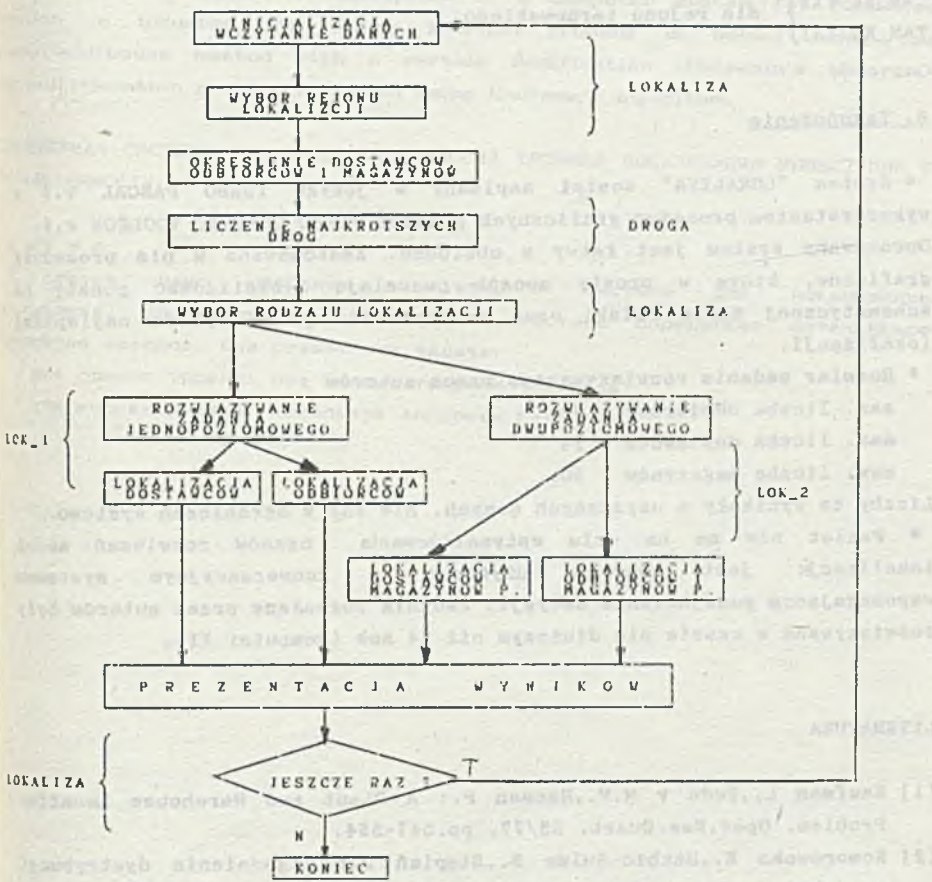
wartości tablic SKOROWIDZ i KRAWĘDZ są następujące :

SKOROWIDZ [1] = 1;	KRAWĘDZ [1, 1] = 2;
SKOROWIDZ [2] = 3;	KRAWĘDZ [2, 1] = 3;
SKOROWIDZ [3] = 5;	KRAWĘDZ [3, 1] = 1;
SKOROWIDZ [4] = 8;	KRAWĘDZ [4, 1] = 3;
	KRAWĘDZ [5, 1] = 1;
	KRAWĘDZ [6, 1] = 2;
	KRAWĘDZ [7, 1] = 4;
	KRAWĘDZ [8, 1] = 3.

Zapis taki, w przypadku "dużej i rzadkiej" sieci jest o wiele oszczędniejszy od klasycznego opisu sieci w postaci macierzy połączeń. Dla

każdego rejonu lokalizacji przygotowano więc następujące zbiory :

RZE_SK.TXT } dla rejonu rzeszowskiego;
RZE_KR.TXT }



Rys. 4. Schemat powiązań między modułami pakietu "LOKALIZA".

Fig. 4. The computer system "LOKALIZA" organization.

PRZ_SK.TXT } dla rejonu przemyskiego;
 PRZ_KR.TXT }

TAR_SK.TXT } dla rejonu tarnowskiego.
 TAR_KR.TXT }

6. Zakończenie

* System "LOKALIZA" został napisany w języku TURBO PASCAL v.4 z wykorzystaniem procedur graficznych pakietu TURBO GRAPHIC TOOLBOX v.4. Opracowany system jest łatwy w obsłudze. Zastosowano w nim procedury graficzne, które w prosty sposób pozwalają zlokalizować punkty na schematycznej mapie Polski oraz przedstawić wyniki wyboru najlepszej lokalizacji.

* Rozmiar zadania rozwiązywanego przez autorów :

max. liczba odbiorców : 34

max. liczba dostawców : 14

max. liczba magazynów : 20.

Liczby te wynikały z uzyskanych danych, nie zaś z ograniczeń systemu.

* Pakiet nie ma na celu optymalizowania czasów rozwiązań zadań lokalizacji; jest typowym użytkowo - konwersacyjnym systemem wspomagającym podejmowanie decyzji. Zadania rozważane przez autorów były rozwiązywane w czasie nie dłuższym niż 24 sek (komputer XT).

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., Maźbic-Kulma B., Stępień J.: Zagadnienie dystrybucji produktów naftowych. Zeszyty Naukowe Polit. Śl., z.94, Gliwice 1988.
- [3] Komorowska E., Maźbic-Kulma B., Rydel J.: Analiza zadania lokalizacji z uwzględnieniem magazynów pośrednich i jego zastosowania w praktyce. Opracowanie ZBO IBS PAN, 4/89.
- [4] Kucharczyk J., Sysło M.: Algorytmy optymalizacji w języku ALGOL-60. PWN, Warszawa 1975.

Recenzent: Doc.dr h.inż.A.Świerniak

Wpłynęło do Redakcji do 1990-04-30.

"LOKALIZA" COMPUTER SYSTEM FOR MULTI-LEVEL INDUSTRIAL FACILITY LOCATION

Summary

The paper contains a description of a computer system for facilities location in industry. The single location problem is solved using the branch-and-bound method with a certain modification (Cherenin's theorem). The multi-location problem is solved using Kaufman's algorithm.

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА "ЛОКАЛИЗА" ДЛЯ МНОГИХ УРОВНЕЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Резюме

в статье дано описание компьютерной системы для локализации (размещения) промышленных заводов. Эта система определяет оптимальное размещение заводов. Она решает эти задачи:

- для одного уровня: при помощи теоремы Черенина,
- для многих уровней: используя алгоритм Кауфмана.