

Romana ANTONOWICZ

## MODELOWANIE NIEPUBLICZNYCH PRZEWOZÓW OBLIGATORYJNYCH

**Streszczenie.** Niepubliczne przewozy pracownicze i uczniowskie są niekwestionowaną społeczno-gospodarczą koniecznością. Badania charakterystycznych cech tych przewozów wykazują, że realizowana w tym celu praca przewozowa jest niewspółmierna w stosunku do rzeczywistych potrzeb. Tworzenie sieci niepublicznych przewozów powinno być uwarunkowane rygorami wykluczającymi ich nieracjonalność. Naukowa metoda konstrukcji sieci (rozumianej jako graf potrzeb transportowych, którego węzły i połączenia cechuje charakter ilościowy), umożliwi rozwiązanie problemu. Modelowanie tej sieci odbywa się w trzech kolejnych fazach. W fazie pierwszej określony zostaje promień najkorzystniejszego okręgu naboru, pozwalający na zaspokojenie potrzeb zakładu w zakresie pracowników dowożonych. W fazie drugiej dokonana zostaje dekompozycja okręgu naboru na rejony działania poszczególnych cykli przewozowych. Wielkość kąta wyznaczającego wyścinek kołowy (rejon) będący obszarem działania jednego cyklu przewozowego wskazana zostaje za pomocą teorii gier. Najefektywniejsze powiązania źródeł i ujęć ruchu określono w drodze kombinatorycznej metody systematycznych poszukiwań.

Aplikacja metody na przykładzie KWK "Piast" dowiodła możliwość skrócenia sieci przewozowej do 33,7% oraz zmniejszenia pracy przewozowej o 34,2%, przy nie zmienionej wielkości potrzeb przewozowych.

## 1. WPROWADZENIE DO PROBLEMU

Niewystarczająca jakość usług w zakresie przewozów pasażerskich świadczonych przez komunikację publiczną w konurbacji śląskiej powoduje - między innymi - potrzebę organizowania zamkniętych przewozów pracowniczych i uczniowskich. Stąd nie jest zasadne kwestionowanie ich społeczno-gospodarczej konieczności. Celowa jest natomiast analiza oceny racjonalności zasad i sposobów ich organizowania. Organizacja niepublicznych przewozów pracowniczych z natury rzeczy nie podlega zasadom obowiązującym w transporcie publicznym, lecz uwarunkowana jest głównie aktualnymi potrzebami rynku pracy. Potencjalna możliwość uzupełnienia niedoborów zatrudnienia w drodze organizowania nawet odległego nieracjonalnego przewozu jest niejednokrotnie przyjmowana jako najprostszyszy sposób rozwiązywania tego zagadnienia, warunkującego utrzymanie ruchu przedsiębiorstw.

Przewozy zamknięte (zwane też branżowymi) charakteryzują się zastrzeżoną dyscypliną, gwarantującą punktualny dowóz pracowników i kompletowanie załogi. Charakterystycznymi mankamentami tych przewozów są: nekładanie

się linii przewozowych, niewykorzystywanie zdolności przewozowej taboru oraz nadmiernie długie trasy przewozów (często powyżej 100 km) [3], [12]. Istnieją wobec tego z jednej strony uzasadnione powody utrzymywania przewozów zamkniętych, z drugiej zaś strony tworzenie takiej sieci przewozów powinno być uwarunkowane rygorami wykluczającymi ich nieracjonalność.

Literatura przedmiotu najczęściej dotyczy ładunków, a w zakresie metod optymalizujących przewozy pracownicze niepubliczne, istnieje wyraźna luka.

W zakładach przemysłowych częstokroć istnieje możliwość lokalnego podejmowania pracy z pełnym zachowaniem tradycji zawodowej. Z doświadczeń wynika, że pracownicy niejednokrotnie dojeżdżają do odległego zakładu pracy, gdy tymczasem istnieje możliwość podjęcia przez nich pracy w tym samym zawodzie w zakładzie zlokalizowanym znacznie bliżej ich miejsca zamieszkania [12]. W niepublicznych przewozach obligatoryjnych gęsta sieć zakładów przemysłowych eliminuje potrzebę przewozową, gdyż istnieją możliwości zaspokojenia potrzeby pierwotnej (pracy) z pominięciem transportu.

Lokalne możliwości zatrudnienia są substytutem nieuzasadnionych potrzeb transportowych, a nieprzestrzeganie zasady substytucyjności powoduje powiększenie promienia okręgu naboru pracowników. Zwiększona zostaje wtedy przestrzenna rozbieżność pomiędzy źródłami ruchu i ich ujściem, co potęguje rozmiary potrzeb transportowych i koszty ich zaspokojenia.

Wieloletnie badania i analiza niepublicznych przewozów pracowniczych dowiodły, że realizowana w tym celu praca przewozowa, na skutek żywiołowych i przypadkowych działań, jest niewspółmiernie większa aniżeli wynikałoby to z rzeczywistych potrzeb przewozowych [2], [12], [6]. W tej sytuacji celowe jest skonstruowanie optymalnej sieci niepublicznych przewozów pracowniczych i uczniowskich w drodze:

- określenia możliwie najmniejszego promienia okręgu naboru,
- spowodowania promienistego układu cykli przewozowych działających w najbardziej korzystnych z punktu widzenia brachidykcyj obszarach [1], [5], [17].

## 2. METODY BADAWCZE

Istnieje wiele teorii i właściwe ich wykorzystanie powinno pozwolić opracować zespół metod, których odpowiednie kombinacje umożliwią minimalizację sieci niepublicznych przewozów obligatoryjnych, przy jednoczesnym uwzględnieniu niezbędnych ograniczeń. Dowodzenia tak postawionej hipotezy i realizację celu przeprowadzono w trzech zasadniczych etapach poprzez:

- 1) opracowanie metody prawidłowej konstrukcji sieci niepublicznych przewozów obligatoryjnych,
- 2) uzasadnienie słuszności wskazanej metody w drodze weryfikacji uzyskanych wyników badań na przykładzie KWK "Piast" jako typowego przykładu praktycznego,

3) ocenę efektów możliwych do osiągnięcia w wyniku zastosowania opracowanej metody.

Ponieważ cykl niepublicznych przewozów obligatoryjnych nie odpowiada typowej strukturze połączeń komunikacyjnych, brak jest metod, które można by wykorzystywać bezpośrednio. Wynika stąd potrzeba dekompozycji zagadnienia na trzy problemy, które zostaną rozwiązane za pomocą różnych metod - w podanych trzech kolejnych fazach:

- określenie najkorzystniejszego okręgu naboru,
- wskazanie najkorzystniejszego obszaru działania jednego cyklu,
- wskazanie najefektywniejszych powiązań źródeł i ujścia ruchu.

W każdym z problemów występują różne funkcje celu, a względem nich zostają rozczłonkowane warunki ograniczające. Powstaje więc konieczność konstrukcji i wykorzystania modelu badanego zjawiska. Model ma charakter celowościowy i ukierunkowany jest na osiągnięcie globalnego, ściśle określonego celu w drodze kolejnych osiągnięć celów cząstkowych. Aby rozwiązać zadanie w pierwszej fazie, gdzie występuje mnogość uwarunkowań, przyjęto podejście heurystyczne. Technika heurystyczną wykorzystano do decyzji wskazującej sposób określenia długości promienia okręgu naboru oraz stwierdzenia faktu ukończenia poszukiwań dalszych rozwiązań.

Rejonizacji okręgu naboru na obszary działania jednego cyklu, dokonano stosując teorię gier statystycznych [9], [11], [13], [14], [18]. Decyzja podziału następuje bowiem w warunkach częściowej niepewności. Poszukiwaniem najkrótszej drogi przewozu posłużyła kombinatoryczna metoda systematycznych poszukiwań.

Określenie obszaru naboru jako okręgu pozwala już we wstępnej fazie modelowania zorientować dojazdy jako centrycznie symetryczne. Uznane są one w literaturze [15], [16], [18] przedmiotu za najbardziej efektywne i okazały się odpowiednie dla połączeń komunikacyjnych stanowiących przedmiot niniejszej pracy.

Określono okręg, jako zbiór punktów komunikacyjnych (źródeł ruchu) zabezpieczających potrzeby zakładu w zakresie pracowników dowożonych. Fakt ten znalazł się u podstaw decyzji racjonalizacji okręgu naboru zapewniając:

- zaniejszenie zadania poprzez wydzielenie rejonów dla działania pojedynczych cykli,
- stworzenie warunków dla promienistego układu cykli.

Taka dekompozycja etwarza warunki minimalizacji drogi w cyklu ruchu zawartym w każdym z wyznaczonych rejonów.

### 3. ROZWIĄZANIE GŁÓWNYCH PROBLEMÓW

Model optymalizacji niepublicznych przewozów pracowniczych nie jest jednolity, co jest naturalną konsekwencją niejednorodności samego zagadnienia. Poprawne wyznaczenie okręgu naboru określa rzeczywisty zasięg niezbędnych na potrzeby zakładu przemieszczeń. Promień okręgu naboru wyznacza jako funkcję ogólnej liczby pracowników dowożonych z takiej liczby źródeł ruchu (zlokalizowanych w możliwie najmniejszej odległości od ujęcia ruchu), których potencjał przewozowy zaspokaja potrzeby zakładu organizującego przewozy. Długość promienia określającego okrąg naboru wyznacza odległość geometryczna od ujęcia ruchu stanowiącego środek okręgu do najbardziej oddalonego od tego środka źródła ruchu.

W drugiej fazie zastosowano teorię gier statystycznych do wskazania wycinka kołowego, którego wielkość stanowiłby najkorzystniejszy obszar działania jednego cyklu przewozowego. Elementami gry statystycznej wykorzystanej do uzyskania właściwej funkcji decyzyjnej określającej wielkość kąta wycinka okręgu naboru stają się: zbiór stanów natury, zbiór funkcji decyzyjnych oraz oczekiwana wartość funkcji straty, czyli ryzyko.

Zbiór stanów natury składa się z elementów oznaczających gęstość punktów komunikacyjnych. Każdy z tych elementów informuje o długości odcinków dla  $i$ -tego stanu natury. Przeprowadzono eksperyment dotyczący preferencji poszczególnych odległości, zaznaczających się w naturze wyraźnie na granicy 5, 10, i 15 kilometra długości trasy. Przeprowadzone badania wykazały, że 92% długości odcinków tras, rozumianych jako odległości pomiędzy dwoma kolejnymi przystankami, mieści się w przedziale od jednego do 15 kilometrów.

Zbiór wyników eksperymentu ( $x$ ) składa się z 4 elementów: Pierwszy ( $x_1$ ) oznacza, że co najmniej połowa odcinków tras mieści się w przedziale długości 0-5 km. Drugi ( $x_2$ ) oznacza, że co najmniej połowa odcinków tras mieści się w przedziale długości 5-10 km. Trzeci ( $x_3$ ) oznacza, że żadna z wytypowanych długości wśród wylosowanych odcinków nie stanowi zdecydowanej większości.

Na podstawie danych z zestawień wyników eksperymentu określono rozkłady ich prawdopodobieństw w zależności od rzeczywistego stanu natury.

Dysponując po odpowiednich obliczeniach zbiorem niezarandomizowanych funkcji decyzyjnych, poszukano optymalnej funkcji decyzyjnej, jako odpowiedniej strategii rozwiązań. Wybór tej właściwej decyzji może nastąpić w wyniku porównania charakterystyk funkcji decyzyjnych oraz wskazania kryterium wyboru.

Funkcję decyzyjną charakteryzuje tzw. funkcja straty. Jest ona uzależniona od stanu natury ( $\theta$ ) i decyzji ( $a$ ), a więc jest określona w iloczynie kartezjańskim ( $\theta \times A$ ) przestrzeni stanów natury i przestrzeni decyzji statystyka. Ponieważ dla ustalonego stanu natury funkcja straty,

jako zależna od samej decyzji, jest zmienną losową, decyzję tę przyjmuje się z takim samym prawdopodobieństwem, jakie określa wynik eksperymentu.

W tej sytuacji zakład dysponując wynikiem eksperymentu, będzie posługiwał się decyzją będącą jakoby jego skutkiem. Zbiór niezrandomizowanych funkcji decyzyjnych składa się z  $n^m$  tychże funkcji, gdzie  $n$  jest liczbą możliwych decyzji zakładu, a  $m$  - liczbą wyników eksperymentu. Są one strategiami statystyka reprezentującego zakład w grze z naturą (sytuacja przewozów). Biorąc uzyskane w wyniku eksperymentu rozkłady prawdopodobieństw i obliczając względem nich wartości oczekiwane funkcji straty  $L(\theta, a)$ , otrzymuje się wartości funkcji ryzyka  $r(\theta, d)$  dla poszczególnych dopuszczalnych funkcji decyzyjnych ( $d_1$ ) dla wszystkich stanów natury. Zestawiając je następnie w macierz, poszukuje się minimalizującej funkcji decyzyjnej występującej w sytuacji, gdy zachodzi równość pomiędzy górną i dolną wartością gry. Wystąpienie tej równości związane jest z istnieniem tzw. punktu siodłowego gry i wyznacza ono strategię optymalną, w tym przypadku optymalny podział okresu naboru.

W przypadku stwierdzenia braku minimalizującej funkcji decyzyjnej w zbiorze niezrandomizowanych funkcji decyzyjnych należy jej szukać w zbiorze funkcji decyzyjnych zrandomizowanych. Optymalną, minimalizującą, zrandomizowaną funkcją decyzyjną będzie funkcja będąca rozkładem prawdopodobieństw o jednoznacznie największej wartości (spośród badanych). Wskaże ona dokładnie, jak wielki ma być wycinek kołowy okręgu naboru, w zależności od rzeczywiście występującej w naturze gęstości punktów komunikacyjnych.

W literaturze przedmiotu [9], [11], [18] preferuje się jako dopuszczalną bayesowską funkcję decyzyjną, minimalizującą ryzyko bayesowskie w zbiorze zrandomizowanych funkcji decyzyjnych. Jednakże należy mieć na uwadze, że samo ryzyko bayesowskie jest nadzieją matematyczną na średnią wartość ryzyka, które ma wystąpić przy określonym stanie natury. Tymczasem w zagadnieniach transportowych stan ten jest często bliżej nieokreślony i zachodzi potrzeba nadawania mu pewnych wag, co wcale nie gwarantuje występowania ryzyka średniego. Dlatego w poszukiwaniu najlepszej w tym zbiorze funkcji decyzyjnej, celowe wydaje się być założenie najmniej korzystnych rozkładów a priori stanów natury. Minimalizuje się wtedy maksymalne ryzyko (a nie średnie) uzyskując bayesowską funkcję decyzyjną względem najmniej korzystnego stanu natury. Jest to strategia minimalizująca. Strategia ta jest tym bardziej celowa, że można ją stosować, gdy stan natury nie jest zmienną losową, a nie znaną decydentowi stałą strategii natury. Strategia minimalizująca jest także celowa, gdy wymaga się szczególnej ostrożności ze względu na możliwość poniesienia dużych strat. Konsekwencje takie występują najczęściej jako skutek nadmiernie optymistycznych decyzji w problemach cechujących się masowością tak typową dla zagadnień transportowych.

W tak wyznaczonym rejonie zachodzi potrzeba minimalizacji drogi w cyklu (faza III), która począwszy od najdalej wysuniętego źródła naboru prowadzi do zakładu przez wszystkie punkty komunikacyjne w rejonie tylko jeden raz.

Dekompozycję stanowi medialny podział cyklu. Wskutek tego podziału przedmiotem minimalizacji będzie dokładnie połowa cyklu przewozowego. Zagadnienie najkrótszej drogi rozwiązano za pomocą metody stanowiącej rodzaj systematycznego przeglądu, postępując tak aż do uzyskania pierwszego dopuszczalnego rozwiązania.

Zagadnienie realizuje się na dwóch etapach:

- 1) znalezienie wszystkich możliwych przejeżdż,
- 2) sprawdzenie wszystkich permutacji dla wyników pierwszego etapu.

Badania poparto obliczeniami przykładowymi, dotyczącymi przewozów pracowniczych wykonywanych na potrzeby KWK "Piast". Obliczenia te pomyślane były jako weryfikacja przydatności opracowanych metod. Praktycznie, określono dla KWK "Piast" racjonalny okrąg naboru o promieniu 28 km, a w nim wycinki kołowe o kącie wewnętrznym  $4^{\circ}$ , będącymi rejonami działania 33 cykli przewozowych. Poniższe zestawienie wskazuje relacje przewozowe poprzez kolejność następowania punktów komunikacyjnych. Łączna długość sieci przewozowej uzyskana w wyniku optymalizacji stanowi 37,4% jej dotychczasowych rozmiarów, przy nie zmienionych potrzebach przewozowych.

Zestawienie tras przewozowych KWK "Piast"  
określonych w wyniku działań optymalizujących

Lp.	Nr rejonu	Kolejność następowania punktów komunikacyjnych	Długość trasy
1	2	3	4
1	1	Cheżm, Kopciowice, KWK "Piast"	6
2	2	Trzebinia, Chrzanów, Cheżmek, KWK "Piast"	31
3	4	Libiąż, Cheżmek, KWK "Piast"	25
4	7	Gomów, KWK "Piast"	8
5	8	Alwernia, Kwaczała, Babice, Żarki, Budzowy, KWK "Piast"	34
6	9 + 10	Jankowice, Oleszyny, Mętków, Gramiec, Babice, KWK "Piast"	39
7	11	Smolice, Podoleże, KWK "Piast"	31
8	12 + 13	Spytkowice, Żaki, Dwory, Kruki, Broszkowice, Babice, Zabrzeg, Czarnuchowice, KWK "Piast"	43
9	13	Bachowice, Zator, KWK "Piast"	35
10	14 + 15	Grodzisko, Przeciszów, Włosienica, Manowice, KWK "Piast"	32
11	16	Błonie, KWK "Piast"	7

1	2	3	4
12	17	Piotrowice, Oświęciem, Zasole, KWK "Piast"	29
13	18	Frydrychowice, Przybradz, Gierałtowiec, Polanka W., Poręba W., KWK "Piast"	36
14	19	Głębowice, St. Stawy, KWK "Piast"	30
15	21	Grójec, Łazy, Zaborze, KWK "Piast"	22
16	22	Wieprz, Nidek, Wilamowice, Osieki, KWK "Piast"	36
17	23	Andrychów, KWK "Piast"	36
18	24	Roczyny, Bulowice, Kęty, KWK "Piast"	35
19	26 + 27	Czaniec, N.Wieś, Łęki, Rajako, Brzezinka, KWK "Piast"	32
20	30	Harmęże, KWK "Piast"	13
21	31	Dankowice, Jawiszowice, Brzeszcze, KWK "Piast"	30
22	35	Wola, Jedlina, Bijasowice, KWK "Piast"	11
23	37 + 38	Goczałkowice, Rudówka, Miedzna, Frydek, KWK "Piast"	31
24	39	Międzyrzecz, KWK "Piast"	11
25	42	Pazczyzna, Jankowice, Jajosty, KWK "Piast"	22
26	45	Bojezowy N., Bojezowy, KWK "Piast"	11
27	54	Paprocany, KWK "Piast"	17
28	59	Mikołów, Wilkowyje, Wartogłowy, Wygorzele, Jaroazowy, KWK "Piast"	25
29	69	Górki, Ścierne, KWK "Piast"	5
30	73	Mysłowice, Brzezinka II, Kosztowy, KWK "Piast"	25
31	75	Goławiec, KWK "Piast"	11
32	79	Imielin, KWK "Piast"	13
33	84	Chełm Śl., KWK "Piast"	8
x	x	łączna długość zoptymalizowanej sieci KWK "Piast"	786

Źródło: Badania własne

#### 4. WAŻNIEJSZE WYNIKI BADAŃ I WNIOSKI

Weryfikacja wypracowanych metod wypadła korzystnie - badany przykład KWK "Piast" wskazał na znaczne zmniejszenie aktualnie realizowanej pracy przewozowej. Rozważania teoretyczne o zastosowanej metodzie pozwoliły stwierdzić, że przeprowadzony rodzaj modelowania jest poprawny, a jego zastosowanie w praktyce udowodniło, że może być wykorzystany, pozwalając uzyskać znaczne efekty.

Skonstruowana, jako wynik aplikacji, sieć transportowa przewozów pracowniczych kopalni stanowi 33,7% dotychczasowego jej rozmiaru. Pozwala ona zmniejszyć liczbę kilometrów realizowanych przy dowozie nie zmienionej ilości pracowników o 34,2%.

W celu zobrazowania wyników finansowych problemu, opracowano pewne postępowanie efektywnościowe oparte na prostej procedurze rachunkowej odniesionej do przykładowo wybranej kopalni. Obliczono, że całkowity efekt finansowy możliwy do osiągnięcia w KWK "Piast" w wyniku zastosowania opracowanej metody wynosi 50,77 mln zł w roku (wg cen z 1986 r.).

Charakter ograniczeń nie determinuje tego algorytmu wyłącznie do optymalizacji przewozów górniczych, lecz jest na tyle ogólny, że można go wykorzystywać do optymalizacji każdej sieci niepublicznych przewozów pracowniczych.

Czyniąc zadość założeniom, opracowana metoda pozwala więc na minimalizację pracy przewozowej zarówno jako skutku wskazania wyłącznie niezbędnych przemieszczeń, jak i najkrótszych relacji uzasadnionych przewozów.

Niechęć pracownika do skorzystania z lokalnych możliwości zatrudnienia nie może być traktowana na równi z niemożliwością uzyskania pracy w pobliżu miejsca zamieszkania. Wprawdzie podjęcie decyzji pracy w pobliskim czy odległym zakładzie pracy jest sprawą wolnego wyboru samego pracownika, ale też on sam powinien ponosić finansowe skutki tej decyzji. Pracownik, który dobrowolnie zrezygnował z lokalnego miejsca pracy w tym samym zawodzie, stwarza nieuzasadnioną potrzebę przewozową, a więc dodatkowy koszt. Ten dodatkowy koszt w żadnej mierze nie powinien być pokrywany przez zakład pracy, jak to aktualnie występuje. Dotacjami mogą być objęte wyłącznie opłaty za przewóz pracowniczy realizowany w okręgu naboru określonym przy użyciu odpowiednich metod - jako racjonalny. Naturalną zaś konsekwencją decyzji pracownika podjęcia pracy w zakładzie, którego rejon racjonalnego naboru nie obejmuje jego miejsca zamieszkania - powinno być pełne pokrywanie przez tego pracownika rzeczywistego kosztu jego przewozu bądź różnicy pomiędzy rzeczywistym kosztem jego przewozu a kosztem dowozu pracowników z krańca racjonalnego okręgu naboru.



Ważność zagadnienia uzasadnia pierwszoplanowe potraktowanie wyznaczania racjonalnego okręgu naboru, jako warunku prawidłowej organizacji przewozów. Optymalizacja sieci transportowej jest bowiem na tyle skuteczna, na ile prawidłowo określony został promień okręgu naboru. Wiąże się to także z urealnieniem samego rynku pracy.

Wdrożenie opracowanej metody pozwala uzyskać wiele efektów wymiernych i niewymiernych. Podstawowym efektem wymiernym jest zmniejszenie liczby zaangażowanych do przewozów autobusów. Efekt ten jest tym istotniejszy, że aktualna sytuacja gospodarcza tak u przewoźnika publicznego, jak i branżowego nie pozwala nawet na odbudowę prostą taboru. Dalšie efekty wynikające ze zmniejszenia przebiegu taboru pozwalają obniżyć wielkość zużycia:

- materiałów pędnych,
- części zamiennych niezbędnych do eksploatacji i remontu autobusów,
- innych elementów materialnych.

Większość wymienionych, a możliwych do osiągnięcia w drodze opracowanej metody efektów jest wymierna. W przedstawionej pracy można w sposób jednoznaczny określić obniżenie kosztów, jakie uzyska jednostka gospodarstwa optymalizująca przewozy, umożliwiające tym samym u efektywnienie działalności przewoźnika.

Natomiast do istotnych niewymiernych efektów należy zaliczyć wyzwole nie rezerw:

- czasu wykorzystywanego na dojazdy do pracy,
- zdolności przewozowej w przewozach pasażerskich.

#### LITERATURA

- [1] Ackoff R.L.: Decyzje optymalne w badaniach stosowanych.
- [2] Analiza dojazdów do pracy i wnioski w zakresie ich usprawnienia (pod kierunkiem M. Madeyskiego) ITS - temat nr 2150, Warszawa 1974.
- [3] Badania nad udoskonaleniem systemu organizacyjnego przewozów pracowniczych w Gwarectwach Węglowych (pod kierunkiem R. Antonowicz) Praca OBR BW, Katowice 1985.
- [4] Baron-Jerosz B., Jankowska-Zorychta Z., Rolik R.: Wybrane metody dekompozycji zadań programowania liniowego. PWN, Warszawa 1974.
- [5] Buga J., Całczyński A.: Metody rozwiązywania problemu transportowego. Warszawa 1961.
- [6] Cegielski J.: Problemy dojazdów do pracy. Próba syntezy. PWN, Warszawa 1977.
- [7] Czerwiński Z.: Matematyka na usługach ekonomii. PWN, Warszawa 1984.
- [8] Garfinkel R.S., Nemhauser G.L.: Programowanie całkowitoliczbowe. PWN, Warszawa 1978.
- [9] Greń J.: Gry statystyczne i ich zastosowanie. PWE, Warszawa 1972.
- [10] Nayda A.: Organizacja przewozów pracowniczych i szkolnych. WKŁ, Warszawa 1970.

- [11] Von Neuman J., Morgensten.: Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press 1951.
- [12] Optymalizacja przewozów pracowniczych w reSORCIE górnictwa (pod kierunkiem R. Antonowicz). Praca OBR BW - temat 124.031, Katowice 1983.
- [13] Optymalizacja dyskretna. Praca zbiorowa pod redakcją T. Kasprzaka. Katowice 1983.
- [14] Owen G.: Teoria gier. PWN, Warszawa 1975.
- [15] Piasecki S.: Optymalizacja systemów przewozowych. WKŁ, Warszawa 1970.
- [16] Piasecki K.J.: Modele ekonomiczno-matematyczne w transporcie. WKŁ, Warszawa 1970.
- [17] Sadowski W.: Teoria podejmowania decyzji. PWE, Warszawa 1970.
- [18] Steenbrink P.A.: Optymalizacja sieci transportowych. WKŁ, Warszawa 1978.
- [19] Wald A.: Statistical Decision Functions. J. Wiley, N. York 1950.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕДОМСТВЕННЫХ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

##### Резюме

Ведомственные перевозки и перевозки учащихся школ являются безусловной общественно-экономической необходимостью. Исследования характеристических признаков этих перевозок показывают, что реализуемая в этом работа куда больше действительных потребностей. Создание сетей ведомственных перевозок должно быть обусловлено правилами исключающими их нерациональность. Научный метод конструкции сетей (понимаемых как граф транспортных потребностей, которого узлы и ребра представляют количественный характер), дает возможность решить эту проблему. Моделирование этой сети происходит в трех очередных фазах. В первой фазе определяется радиус самого лучшего округа набора, позволяющий на удовлетворение потребностей предприятия по привозным служащим. Во второй фазе производится декомпозиция округа набора на районы действия частных перевозочных циклов. Величина угла определяющая отрезок круга (района), являющегося территорией действия одного перевозочного цикла, находится при помощи теории игр. Наиболее эффективная связь источников и исходных точек движения определены путем комбинаторного метода систематического поиска.

Применение метода например шахты каменного угля "Пяст", показало на возможность укорочения перевозочной сети до 33,7% а также уменьшение перевозочного труда на 34,2% при неизменяемой перевозочной потребности.

## MODELLING NON-MUNICIPAL OBLIGATORY HAULAGES

## S u m m a r y

Non-municipal workers and pupils haulages are unquestioned social and economic necessity. Investigations of the features of these haulages prove that transport work realized for this purpose is incomparable to actual needs. Creation of the network of non-municipal haulages should be conditioned by the rigours that exclude their inefficiency. A scientific method of the network's creation (understood as a graph of transport needs the nodes and connections of which are of quantitative character) enables to solve the problem.

The modelling of network occurs in the three successive stages. In the first stage the radius of the most favourable recruitment circle allowing to satisfy a working plant's demand concerning the employees being brought is determined. In the second stage the decomposition of the recruitment circle into the activity area of particular transport points (cycles) is done.

The magnitude of the angle determining the circular sector (region) being the activity area of one transport cycle is indicated by means of game theory. The most effective connections of sources and intakes of traffic have been determined by way of a combinational method of systematic investigation. Application of the method for the example of "Pisat" coal-mine has proved the possibility of Shortening the haulage network by 34,2% at unchanged scale of transport needs.