

OPTIMALIZACJA TRANSPORTU PRODUKTÓW ROLNICZYCH W WARUNKACH NIERÓWNOWAGI RYNKOWEJ

Andrzej Marczuk, Wojciech Misztal

Katedra Maszyn i Urządzeń Rolniczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Przedstawiono postępowanie mające na celu rozwiązanie otwartego zadania transportowego przez sprowadzenie go do postaci zadania zamkniętego. Optymalizację przeprowadzono dwuetapowo, z wykorzystaniem Metody Kąta Północno-Zachodniego w etapie pierwszym oraz Zmodyfikowanej Metody Przydziału w etapie drugim. Przyjęte postępowanie stanowi skuteczną metodę rozwiązywania niebilansowanych zadań transportowych, pozwalającą dodatkowo na określanie wielkości kosztów ponoszonych przez dostawców lub odbiorców, których potrzeby nie zostaną zaspokojone.

Słowa kluczowe: rolnictwo, transport, optymalizacja, zadanie transportowe, problem Hitchcocka

Wstęp

Lokalizacja poszczególnych podmiotów rynku, czy też w przypadku gospodarstw rolniczych użytków rolnych oraz wykorzystywanych w procesie produkcyjnym budynków, wymusza wykonywanie określonych prac transportowych. Transport jest istotnym ogniwem każdego procesu wytwórczego. Wywiera wpływ na rozwój gospodarstw rolniczych, zakładów i przedsiębiorstw produkcyjnych, w znacznym stopniu oddziałuje na funkcjonowanie całej gospodarki narodowej. Jednostki gospodarcze kierując się chęcią zwiększenia konkurencyjności swoich produktów dążą do obniżenia kosztów funkcjonowania obsługi transportowej. Na niektóre elementy mają ograniczony wpływ: ceny zakupu środków transportu, ceny paliw i materiałów eksploatacyjnych, wysokość płacy osób uczestniczących w procesie transportowym itp. Znaczne korzyści przy stosunkowo niewielkich nakładach może natomiast przynieść poprawa organizacji pracy środków transportu. Można ją osiągnąć przez stosowanie komputerowych systemów zarządzania transportem, których zadaniem jest optymalizacja przewozów realizowanych w przedsiębiorstwie [Marczuk 2009b]. Działania optymalizacyjne dotyczą wielu problemów związanych z wykonywaniem prac transportowych, do których zalicza się zagadnienie związane z planowaniem powiązań pomiędzy dostawcami a odbiorcami produktów, zwane zagadnieniem transportowym lub od nazwiska osoby, która jako pierwsza je opisała problemem Hitchcocka [Papadimitriou, Steiglitz 1992].

Celem pracy było zaprezentowanie toku postępowania mającego na celu przekształcenie zadań transportowych z przewagą podaży nad popytem oraz przewagą popytu nad

podają do postaci zamkniętej oraz interpretacja wyników otrzymywanych w procesie optymalizacji.

Opis zadania transportowego

Sytuacja, w której zachodzi nierównowaga popytu odbiorców i podaży dostawców (1) nazywana jest w literaturze otwartym zadaniem transportowym. Wyróżnia się przypadki, w których suma podaży dostawców jest większa od sumy popytów odbiorców (2) lub na odwrót (3).

$$\sum_{i=1}^m a_i \neq \sum_{j=1}^n b_j, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j. \quad (3)$$

Otwarte zadania transportowe mogą być rozwiązywane przy udziale tych samych metod optymalizacyjnych, co zadania zamknięte. Wymaga to jednak wykonania odpowiednich zabiegów, mających na celu ich przekształcenie do postaci zadań zamkniętych. [Marczuk 2009a].

Zadanie transportowe z przewagą podaży nad popytem

Matematyczny model tego zadania opisany jest następującymi wzorami

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad \text{dla } j = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

$$Z_x = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, m. \quad (6)$$

Sprowadzenia zadania tego typu do postaci zamkniętej dokonuje się przez dodanie do układu C, M tzw. fikcyjnego odbiorcy O_f o popycie równym różnicy łącznej podaży dostawców i łącznego popytu odbiorców. Osiąga się to przez wprowadzenie do modelu matematycznego tego zadania dodatkowych zmiennych $x_{i,n+1} \geq 0$ dla $i = 1, \dots, m$, prowadzi to do zamiany nierówności (6) na równania

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + x_{i,n+1} = a_i, \quad \text{dla } i = 1, \dots, m.$$

Z uwagi na fakt przewagi podaży nad popytem nierówności (7) muszą dodatkowo spełniać warunek:

$$\sum_{i=1}^m x_{i,n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j. \quad (8)$$

W przypadku, gdy celem przeprowadzanych działań jest jedynie optymalizacja samych zabiegów transportowych można przyjąć, że wartości kosztów przewozów pomiędzy fikcyjnym odbiorcą a poszczególnymi dostawcami są równe zero. Natomiast w przypadku, w którym za istotne uważa się koszty ponoszone przez producentów w skutek magazynowania należy w miejsce wartości kosztów przewozów wprowadzić wartości odpowiadające kosztom magazynowania przypadającym na jednostkę danego produktu.

Zadanie transportowe z przewagą popytu nad podażą

Model matematyczny tego typu zadań opisują wzory:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, m, \quad (9)$$

$$Z_x = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq b_j, \quad \text{dla } j = 1, \dots, n. \quad (10)$$

W celu sprowadzenia tego typu zadania do postaci zamkniętego zadania transportowego należy postępować podobnie, jak w przypadku zadania z przewagą podaży nad popytem. Do układu C, M dodaje się fikcyjnego dostawcę D_f , którego podaż równa będzie różnicy łącznego popytu odbiorców i łącznej podaży dostawców.

Podobnie jak miało to miejsce w poprzednio omówionym przypadku można przyjąć, że wartości kosztów przewozów na trasach pomiędzy fikcyjnym dostawcą a poszczególnymi odbiorcami są równe zero, w sytuacji, gdy celem przeprowadzanych działań jest optymalizacja wyłącznie samego transportu. Sytuacja, w której uwzględnia się koszty ponoszone przez odbiorców na skutek nieotrzymania wymaganej ilości towaru wymaga wprowadzania wielkości kosztów przypisanych do jednostki towaru. Przypadek ten jest istotny z uwagi na fakt, że wielu spośród odbiorców ponosi takie koszty, może się nawet zdarzyć, że żaden z nich nie otrzyma pożądanej przez siebie ilości towaru [Całczyński 1992].

Przykład zastosowania metody

Przedsiębiorstwa D zajmujące się przetwórstwem rolno-spożywczym, znajdujące się w miejscowościach Lublin, Lubartów, Puławy i Kraśnik oferują do sprzedaży pewien produkt w ilościach wynoszących kolejno 6, 4, 4 oraz 7 ton. Chęć posiadania tego produktu wyraża pewna grupa odbiorców O , których siedziby umiejscowione są w Kurowie, Staroście, Ostrowie Lubelskim, Świdniku. Zapotrzebowanie tych odbiorców wynosi kolejno 7, 2, 4 oraz 5 ton. Wartości kosztów przewozów na trasach pomiędzy poszczególnymi dostawcami i odbiorcami ustalone zostały jako podwojona odległość pomiędzy nimi, pomnożona przez stawkę za kilometr ($3,80 \text{ zł} \cdot \text{km}^{-1}$) i umieszczone zostały w macierzy kosztów C , przyjmujemy, że dostawcy ponoszą dodatkowe koszty z tytułu magazynowania nieodprowadzonego towaru, które wynoszą kolejno 80, 120, 120 i $60 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$.

Przykład zastosowania metody

Przedsiębiorstwa D zajmujące się przetwórstwem rolno – spożywczym, znajdujące się w miejscowościach Lublin, Lubartów, Puławy i Kraśnik oferują do sprzedaży pewien produkt w ilościach wynoszących kolejno 6, 4, 4 oraz 7 ton. Chęć posiadania tego produktu wyraża pewna grupa odbiorców O , których siedziby umiejscowione są w Kurowie, Staroście, Ostrowie Lubelskim, Świdniku. Zapotrzebowanie tych odbiorców wynosi kolejno 7, 2, 4 oraz 5 ton. Wartości kosztów przewozów na trasach pomiędzy poszczególnymi dostawcami i odbiorcami ustalone zostały jako podwojona odległość pomiędzy nimi, pomnożona przez stawkę za kilometr ($3,80 \text{ zł} \cdot \text{km}^{-1}$) i umieszczone zostały w macierzy kosztów C , przyjmujemy, że dostawcy ponoszą dodatkowe koszty z tytułu magazynowania nieodprzewadzonego towaru, które wynoszą kolejno 80, 120, 120 i $60 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$.

Tabela 1. Układ C, M Table 1. The C, M system

	O_1	O_2	O_3	O_4	a_i
D_1	257	194,6	344,3	97,3	6
D_2	302,5	153,5	527,4	279	4
D_3	118,6	267,5	649	490	4
D_4	550,2	537,3	682,5	437	7
b_j	7	2	4	5	

Ponieważ w układzie C, M występuje przewaga podaży nad popytem konieczne jest dołączenie fikcyjnego odbiorcy.

Tabela 2. Układ C, M z dołączonym wierszem przyporządkowanym fikcyjnemu odbiorcyTable 2. The C, M system with the attached line which is assigned to the fictitious recipient

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_f	a_i
D_1	257	194,6	344,3	97,3	80	6
D_2	302,5	153,5	527,4	279	120	4
D_3	118,6	267,5	649	490	120	4
D_4	550,2	537,3	682,5	437	60	7
b_j	7	2	4	5	3	

Optymalizacja została przeprowadzona przy wykorzystaniu Metody Kąta Północno-Zachodniego oraz Zmodyfikowanej Metody Przydziału, szerzej znanej pod skrótową nazwą MODI. Metodykę obliczeń do zastosowanych metod optymalizacyjnych zaczerpnięto z pozycji literatury [Całczyński 1992; Bocchino 1975; Tiwari, Shandilya 2006].

Optymalizacja transportu produktów...

Tabela 3. Układ C, M, X po wykonaniu działań zawartych w Metodzie Kąta Północno-Zachodniego
Table 3. The C, M, X system after performing the actions contained in the North-West Corner Method

	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	O _f	a _i
D ₁	257⁶	194,6	344,3	97,3	80	6
D ₂	302,5¹	153,5²	527,4¹	279	120	4
D ₃	118,6	267,5	649³	490¹	120	4
D ₄	550,2	537,3	682,5	437⁴	60³	7
b _j	7	2	4	5	3	

Funkcja Z_x stanowiąca łączny koszt wykonania wszystkich zabiegów transportowych na tym etapie przyjmuje wartość 7043,90 zł.

Tabela 4. Układ C, X, stanowiący rozwiązanie zadania
Table 4. The C, X system, which constitutes the solution of the task

	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	O _f	a _i
D ₁	257	194,6	344,3¹	97,3⁵	80	6
D ₂	302,5²	153,5²	527,4	279	120	4
D ₃	118,6⁴	267,5	649	490	120	4
D ₄	550,2¹	537,3	682,5³	437	60³	7
b _j	7	2	4	5	3	

Funkcja Z_x po wykonaniu wszystkich zabiegów należących do drugiego etapu przyjmuje wartość 4994,90 zł.

Podsumowanie

Praca zawiera opis sposobów rozwiązywania otwartych zadań transportowych. Prezentowany przykład stanowi zadanie transportowe z niedostatecznym popytem, w związku z czym konieczne było dołączenie do układu C, M fikcyjnego odbiorcy o popycie równym 3 tony, stanowiącym różnicę sumy podaży i sumy popytów.

Pierwszy etap działań optymalizacyjnych pozwolił na takie zaplanowanie tras przejazdów, że koszt wszystkich przewozów osiągnął wielkość 7043,90 zł. Drugi etap obliczeń przeprowadzony przy wykorzystaniu Zmodyfikowanej Metody Przydziału pozwolił na zmniejszenie wielkości poniesionych kosztów do wartości 4994,90 zł. Taki samy wynik został uzyskany podczas zastosowania w tym etapie Metody Grafów Macierzowych. Otrzymane wyniki pozwalają nie tylko na dokonanie modyfikacji w trasach przejazdów tak, aby ponoszone koszty były możliwie najmniejsze, ale również na określenie wartości kosztów ponoszonych przez poszczególnych dostawców, z uwagi na fakt, że nie odprowadzają oni całości wyprodukowanego przez siebie towaru. Wartości tego typu zawarte są w polach odpowiadających przewozom pomiędzy dostawcami D₁, D₂, D₃ oraz D₄ a fikcyjnym odbiorcą (w przypadku, w którym do pól tych przyporządkowany został przydział). W omawianym przypadku jedynym dostawcą ponoszącym dodatkowe koszty związane z przetrzymywaniem nieodprowadzonego towaru jest dostawca D₄. Koszty te przyjmują wartość 180,00 zł.

Bibliografia

- Bocchino W. A.** 1975. Systemy informacyjne zarządzania. Narzędzia i metody. Wyd. Naukowo-Techniczne. Warszawa.
- Calczyński A.** 1992. Metody optymalizacyjne w obsłudze transportowej rynku. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa. ISBN 83-208-0876-6.
- Marczuk A.**, 2009a. A computer system for optimisation of soft fruit transportation in diffused purchasing networks. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability. No. 4 (44). Warsaw. Strona 82 – 90.
- Marczuk A.** 2009b. Evaluating the working efficiency of transportation means at meat processing works. Journal of Kones powertrain and transport. Vol.16. No. 3. Warsaw. ISSN 1231-4005.
- Papadimitriou C. H., Steiglitz K.** 1992. Combinatorial optimization: algorithms and complexity, Dover Publications, New York, ISBN 0-486-40258-4.
- Tiwari N. K., Shandilya S. K.** 2006. Operations Research. Prentice-Hall of India. New Delhi. ISBN 81-203-2966-X.



Dofinansowanie ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Opolu

AGRICULTURAL PRODUCE TRANSPORT OPTIMISATION IN THE CONDITIONS OF MARKET NON-BALANCE

Abstract. The work presents a procedure intended to solve an open transport problem by bringing it to the form of a closed problem. The optimisation was carried out in two stages, using the Northwest Angle Method in the first stage and Modified Allocation Method in the second stage. The chosen procedure constitutes an effective method for solving non-balanced transport problems, which additionally allows to determine amounts of the costs incurred by suppliers or buyers, whose needs will not be satisfied.

Key words: agriculture, transport, optimisation, transport problem, Hitchcock problem

Adres do korespondencji:

Andrzej Marczuk; e-mail: andrzej.marczuk@up.lublin.pl
Katedra Maszyn i Urządzeń Rolniczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Poniatowskiego 1
20-260 Lublin