

С. И. Забуга

кандидат экономических наук, доцент
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина
ec-science@karazin.ua

М. Н. Клименко

магистр по прикладной экономике
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина
ec-science@karazin.ua

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИФИЧНОГО ТИПА ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В УКРАИНЕ

Данная статья посвящена одной из важнейших проблем деятельности любого торгового предприятия, а именно транспортным проблемам. Уже давно известны и широко применяются для решения задач такого рода классические транспортные задачи. Тем не менее, применение классических задач ограничено на практике в той или иной ситуации, что может быть связано с деятельностью конкретного предприятия, политической ситуацией в стране и т.д. Таким образом, в данной статье рассмотрены основные проблемы транспортировки груза по территории Украины на современном этапе. Выявлены и проанализированы основные причины, по которым применение классической транспортной задачи является неприемлемым для поиска оптимального плана перевозок. На основании этих причин рассмотрены принципы построения транспортных задач специфического типа, а именно транспортных задач с запретами и транспортных задач с ограничениями. Именно применение подобных методов позволяет разрешить проблему ограниченности ресурсов либо отсутствия допустимых маршрутов в зависимости от выбранной спецификации задачи. С этой целью была предложена к построению новая транспортная задача, которая одновременно учитывает ограничения на поставку и запрещенные маршруты, чего не учитывали предыдущие задачи. Таким образом, главным достоинством новой модели является эффективность ее применения в современных условиях на территории Украины. Учитывая условия разрешимости и оптимальности транспортных задач с запретами и транспортных задач с ограничениями, для данной задачи также были предложены эти условия и интерпретированы с экономической точки зрения. Получены численные решения для реальных задач, которые встретились при минимизации транспортных издержек торгового предприятия «Барко».

Ключевые слова: транспортная задача, транспортные издержки, пропускные способности, запрещенные маршруты, ограничения на поставку, логистическая система.

JEL Classification: C 60, C 61, R 49.

С. І. Забуга

кандидат економічних наук, доцент
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
ec-science@karazin.ua

М. М. Клименко

магістр з прикладної економіки
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
ec-science@karazin.ua

ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦИФІЧНОГО ТИПУ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОБЛЕМ В УКРАЇНІ

Дана стаття присвячена одній з найважливіших проблем діяльності будь-якого торгового підприємства, а саме транспортним проблемам. Вже давно відомі і широко застосовуються для вирішення завдань такого роду класичні транспортні задачі. Проте застосування класичних задач обмежене на практиці в тій чи іншій ситуації, що може бути пов'язано з діяльністю конкретного підприємства, політичною ситуацією в країні і т. д. Таким чином, в пропонованій статті розглянуті основні проблеми транспортування вантажу по території України на сучасному етапі. Виявлено та проаналізовано основні причини, за якими застосування класичної транспортної задачі є неприйнятним для

пошуку оптимального плану перевезень. На підставі цих причин розглянуті принципи побудови транспортних задач специфічного типу, а саме транспортних задач із заборонами і транспортних задач з обмеженнями. Саме застосування подібних методів дозволяє вирішити проблему обмеженості ресурсів або відсутності допустимих маршрутів залежно від обраної специфікації завдання. З цією метою було запропоновано побудувати нову транспортну задачу, яка одночасно враховує обмеження на поставку і заборонені маршрути, чого не враховували попередні задачі. Таким чином, головною перевагою нової моделі є ефективність її застосування в сучасних умовах на території України. З огляду на умови можливості розв'язання і оптимальності транспортних задач із заборонами і транспортних задач з обмеженнями, для даної задачі також були запропоновані ці умови й інтерпретовані з економічної точки зору. Отримано чисельні рішення для реальних задач, які зустрілися при мінімізації транспортних витрат торгового підприємства «Барко».

Ключові слова: транспортна задача, транспортні витрати, заборонені маршрути, пропускні спроможності, обмеження на поставку, логістична система.

JEL Classification: C 60, C 61, R 49.

S. I. Zabuga

Ph. D. (Economics), Associate Professor
V.N. Karazin Kharkiv National University
ec-science@karazin.ua

M. M. Klymenko

Master (Applied Economics)
V.N. Karazin Kharkiv National University
ec-science@karazin.ua

APPLICATION OF SPECIFIC TYPE OF TRANSPORT ISSUE TO ANALYZE LOGISTICS PROBLEMS IN UKRAINE

This article is devoted to one of the most important problems of the activity of any commercial enterprise, namely transport problems. Classical transport tasks have long been known and widely used as the solution of such problems. Nevertheless, the usage of the classical issues is practically limited in a particular situation, that may be connected with the activities of a particular enterprise, the political situation in the country, etc. Thus, the given article observes the basic problems of cargo transportation through the territory of Ukraine at the present stage. According to the main reasons, which have been identified and analyzed, the usage of the classical transportation issues is unacceptable to find the optimal transportation plan. Based on these reasons, the principles of formation of transport tasks of a specific type, namely transport issues with bans and transport issues with constraints, have been considered. It allows to use such methods to solve the problem of limited resources or lack of valid routes, depending on the selected task specification. For this purpose it was proposed to define a new transportation task, which also takes into account the restrictions on the supply and limited routes, which weren't considered by the previous task. Thus, the main advantage of the new model is the efficiency of its use in the modern conditions on the territory of Ukraine. Taking into account the conditions of solvability and optimality of transportation issues with bans and restrictions, for this task these conditions, as well as economically interpreted conditions, have been proposed. Numerical solutions for the real problems faced while minimizing transportation costs of «Barco» commercial enterprise, have been obtained.

Key words: logistical system, prohibited routes, supply constraints, transport costs, transport issues, traffic performance.

JEL Classification: C 60, C 61, R 49.

Постановка проблеми. Логистика занимает важное место в деятельности любого предприятия. Для минимизации транспортных издержек широкое применение получили транспортные задачи. Тем не менее, для решения текущих логистических проблем Украины классическая транспортная задача не дает желаемого результата. Это подчеркивает актуальность и востребованность разработки новых и усовершенствования существующих методов и моделей, обеспечивающих эффективное управление перевозками.

Анализ последних исследований и публикаций. Классические транспортные задачи, а также транспортные задачи с запретами и транспортные задачи с ограниченными пропускными способностями достаточно подробно проанализированы и представлены в современной литературе. К примеру, в (Цегелик, 1978) была дана постановка транспортной задачи с запретами и показаны способы сведения ее к классической. В работе (Сеславин, 92

2011) рассмотрены транспортные задачи с запрещёнными коммуникациями и с ограничениями на пропускные способности. В работе (Криволапов, 2014) представлено решение транспортной задачи с промежуточными пунктами и с ограничениями по транзиту. В (Афанасьев, 2003) описываются транспортные задачи с запретами, с фиксированными перевозками и ограничениями на пропускные способности.

Тем не менее, несмотря на большое количество литературы, в которой представлены современные модели транспортных задач, недостаточно раскрыты принципы построения задач специфического типа, позволяющие учесть необходимые ограничения.

Цель работы. Цель данной работы заключается в построении математической модели транспортной задачи с запретами и ограничениями, учитывающими актуальную ситуацию на территории Украины, на примере товарного предприятия «Барко».

Основные результаты исследования. Целью классической транспортной задачи является минимизация суммарных затрат на транспортировку груза от поставщиков к потребителям. Целевая функция имеет следующий вид:

$$Z(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

где:

c_{ij} – затраты на транспортировку груза от поставщика A_i к потребителю B_j ;

x_{ij} – объем груза, перевозимого от i -го поставщика к j -му потребителю.

Транспортная задача, как задача линейного программирования, имеет ряд ограничений:

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

где:

a_i – объем продукции i -го поставщика.

Согласно ограничению (2) весь объем i -го поставщика должен быть распределен между потребителями.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

где:

b_j – потребность j -го потребителя.

Условие (3) означает, что все потребители должны получить продукцию в необходимом объеме:

$$x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Согласно условию (4) объем перевозимой продукции не может быть отрицательным.

Однако классическая задача не даст оптимального решения для Украины по следующим причинам:

- 1) не учитывает факт опасных маршрутов;
- 2) не учитывает невозможности перевозок по некоторым маршрутам.

Для решения логистических проблем Украины необходимо учитывать все эти факторы.

Таким образом, необходимо составить транспортную задачу с запретами и ограничениями на поставку.

Пусть E – множество пар индексов (i, j) , которые соответствуют пунктам (A_i, B_j) , между которыми возможны коммуникации. Тогда получаем следующее условие:

$$x_{ij} \equiv 0, \forall x_{ij} \in E \quad (5)$$

Для того, чтобы в транспортной таблице не осуществлять поставки по запрещенным маршрутам, необходимо задать стоимость перевозки сколь угодно большой $= M$. Тогда задачу с запретами можно свести к стандартной транспортной задаче (Цегелик, 1978): Введем обозначения:

$$A = \sum_{i=1}^m a_{i\cdot}, \quad c_{ij} = \begin{cases} c_{ij}, & \text{если } (i, j) \in E \\ M, & \text{если } (i, j) \notin E \end{cases} \quad (6)$$

где: A – суммарный запас всех поставщиков.

Определим

$$\bar{c} = \max_{(i, j) \in E} \{ c_{ij} \}; \quad \underline{c} = \min_{(i, j) \in E} \{ c_{ij} \} \quad (7)$$

Пусть $M > A\bar{c} - (A - 1)\underline{c}$ и $X^* = \{x_{ij}^*\}$ – оптимальный план задачи, тогда:

1. Если $x_{ij}^* > 0$, для всех $(i, j) \in E$, то компоненты $x_{ij}^*, (i, j) \in E$ дают оптимальный план.

2. Если существует пара $(k, l) \notin E, x_{kl}^* > 0$, то условия (2)–(4) несовместны.

Однако, кроме запрещенных маршрутов, могут существовать и маршруты с ограниченными коммуникациями. Существует три вида таких ограничений:

1. Поставщик должен поставить товар в четко установленном объеме $(x_{ij} = d_{ij})$. В этом случае существует обязательная поставка при любых транспортных затратах. Для учета этого факта необходимо вычесть установленный объем (d_{ij}) , запретить перевозку по этому маршруту и прибавить данную перевозку к целевой функции. Пусть k – n поставщик может поставить l – m потребителю товар в объеме d_{ij} , тогда (Костевич, 2003):

$$\begin{cases} a'_k = a_k - x_{kl} \\ b'_l = b_l - x_{kl} \end{cases} \quad (8)$$

2. Поставщик должен поставить товар в объеме не меньше заданного $(x_{ij} \geq d_{ij})$. В данном случае существует обязательная поставка в объеме (d_{ij}) . В отличие от первого случая, дальнейшая перевозка по этому маршруту возможна.

3. Поставщик может поставить товар в объеме, не превышающем заданного $(x_{ij} < d_{ij})$. В данном случае не существует обязательных перевозок. Для учета этого условия, необходимо разбить поставку следующим образом (Костевич, 2003):

$$\begin{cases} a'_k = d_{kl} \\ a''_k = a_k - d_{kl} \end{cases} \quad (9)$$

a'_k – максимальный объем перевозки по ограниченному маршруту;

a''_k – минимальный объем перевозки по неограниченному маршрутам.

Основные результаты. Важным условием разрешимости транспортной задачи с запретами и ограниченными коммуникациями есть:

$$d_{ij} = 0, (i, j \in E) \quad (10)$$

Смысл данного условия состоит в том, что никаких ограничений на запрещенных маршрутах быть не может, так как на данном маршруте не существует никаких перевозок, в противном случае – задача не имеет решения.

Таким образом, с учетом всех запретов и ограничений необходимо составить следующую математическую модель:

$$Z(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + c_{kl} x_{kl} \rightarrow \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \in E} x_{ij} = a_i, i = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i \in E} x_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{i \in E} a_i = \sum_{j \in E} b_j \\ \sum_{j=1}^n d_{ij} \geq a_i, (i, j \in E) i = 1, \dots, m \\ \sum_{i=1}^m d_{ij} \geq b_j, (i, j \in E) j = 1, \dots, n \\ x_{ij} \equiv 0, (i, j \in E) \\ x_{ij} \leq (\geq) d_{ij}, (i, j \in E) i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \\ x_{ij} \geq 0, (i, j \in E) i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \end{array} \right. \quad (11)$$

Для решения задачи с запретами и ограниченными коммуникациями необходимо сначала удовлетворить спрос потребителей, которым могут поставлять товар не все поставщики, после чего уже переходить к остальным ограничениям.

Нами были найдены оптимальные решения транспортных задач с запретами и ограниченными пропускными способностями. Именно, рассматривались задачи с 5-ю поставщиками и 20-ю потребителями. Поставщиками и потребителями являлись различные города Украины. Грузы поставлялись с 5-ти складов по 20-ти маршрутам. Суммарные запасы и потребности составляли по 2300 тонн. Требовалось минимизировать суммарные затраты на перевозку. Первоначально задача решалась в предположении, что никаких ограничений и запретов на перевозки не существуют. В этом случае оптимальное решение давало суммарные затраты на перевозки в размере 625400 тонно-километров.

Затем в условия задачи были добавлены ограничения, обусловленные политической ситуацией в Украине в настоящее время а именно:

1. В Донецк и Луганск были возможны перевозки грузов только со складов в Черкассах и в Виннице.

2. В Изюм были возможны перевозки грузов только со складов в Конотопе и Черкассах.

3. Согласно контракту, из г. Черкассы необходимо обязательно перевезти в г. Киев минимум 100 т.

4. Согласно контракту, со склада г. Конотоп необходимо поставить не менее 75 т груза в г. Харьков.

5. В связи с плохой дорогой по маршруту Конотоп – Изюм перевозки возможны в максимальном объеме равном 50 т.

6. Согласно контракту, из г. Запорожье необходимо поставить груз в г. Полтава в фиксированном объеме, равном 50 т.

7. Согласно контракту из г. Винница необходимо поставить в г. Ровно груз в объеме не менее 100 т.

8. Из г. Винница в г. Белая Церковь возможна транспортировка груза в объеме не более 50 т.

При этих условиях были решены транспортные задачи разного типа и получены такие оптимальные значения целевых функций:

- в задаче с запретами – 644900 тонно-километров;
- в задаче с ограниченными пропускными способностями – 677150 тонно-километров;
- в задаче с запретами, ограниченными пропускными способностями и с учетом обязательных перевозок – 727150 тонно-километров.

Выводы. В данной статье построена задача специфического типа – транспортная задача с запретами и ограничениями, решение которой сможет обеспечить эффективный план перевозок продукции по территории Украины на современном этапе развития. Практическое применения данной задачи было реализовано для предприятия «Барко». В дальнейших исследованиях данного направления можно рассмотреть ситуацию, когда перевозка может осуществляться из пункта А в пункт В через пункт С. В таком случае необходимо рассматривать трехиндексную транспортную модель.

Литература

1. Цегелик Г. Г. Транспортна задача лінійного програмування / Г. Г. Цегелик. – Львів: Видавництво ЛДУ, 1978. – 80 с.
2. Сеславин А. И. Оптимизация и математические методы принятия решений / А. И. Сеславин, Е. А. Сеславина. – М.: МИИТ, 2011. – 152 с.
3. Кривопапов В. Ю. Обобщенный метод потенциалов для решения транспортной задачи с промежуточными пунктами / В. Ю. Кривопапов // Сборник X конференции «Наука. Творчество». – Самара-Москва, 2014. – Т.1 С. 23–29.
4. Афанасьев М. Ю. Исследование операций в экономике: модели, задачи, решения : учеб. пособие / М. Ю. Афанасьев, Б. П. Суворов. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 444 с. – (Серия «Высшее образование»).
5. Костевич Л. С. Математическое программирование: Информ. технологии оптимальных решений : учебное пособие / Л. С. Костевич. – Мн.: Новое знание, 2003. – 424с.

References

1. Tsehelik, H. (1978). *Transporting problem of linear programming*. Lviv: Publishing LSU.
2. Seslavin, A., Seslavina, O. (2011). *Optimization and mathematical methods of decision-making*. Moscow, MIIT.
3. Kryvopalov, V. (2014). *Generalized potential method for solving the transportation problem with intermediate points*. Collection X Conference "Science. Creativity". Samara-Moscow, Vol.1, pp.23-29.
4. Afanasiev, M., Suvorov, B., (2003). *Operations research in economics: models, problems, solutions: Proc. allowance*. M.: INFRA-M, ("Higher education" series).
5. Kostevych, L., (2003) *Mathematical programming: Information technology for optimal solutions*. Textbook. Minsk: New Knowledge.