

ПРИКЛАДНИЙ АСПЕКТ РІШЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ В СИСТЕМІ ЛОГІСТИЧНОГО КЛАСТЕРУ

**СУМЕЦЬ О.М., К.Т.Н., ДОЦЕНТ,
ПРОФЕСОР, АКАДЕМІЯ ВНУТРІШНІХ ВІЙСЬК МВС УКРАЇНИ**

У статті представлено результат рішення транспортної задачі для складних схем перевезень вантажів. В основу алгоритму рішення покладено моделі багатоступінних транспортних задач.

The result of the decision of a transport problem for difficult schemes of transportation of cargoes is presented in the article. The basis of algorithm of the decision was made by many stages models of transport problems.

Постановка проблеми. Кардинальні зміни світового ринку вимагають негайного реформування інфраструктури логістики як на регіональному так і на державному рівнях. Ця інфраструктура повинна оперативного реагувати на зміни формату матеріальних потоків, що будуть проходити через той чи інший регіон, державу в цілому.

Формування нової логістичної інфраструктури в Україні повинно базуватися на створенні так названих логістичних кластерів. За теорією Майкла Портера «кластери є організаційною формою консолідації зусиль зацікавлених сторін, спрямованих на досягнення конкурентних переваг, в умовах становлення постіндустріальної економіки» [11]. Надалі в рамках проблеми, що розглядається під логістичним кластером будемо розуміти стійке територіальне партнерство різних організацій, об'єднаних єдиними матеріальними, фінансовими, інформаційними і додатково сервісними потоками з метою підвищення своєї конкурентоздатності і економічного розвитку регіону.

Фахівці сучасності [4, 6, 7, 9] підтримують точку зору про основне призначення кластера – це створення конкурентних переваг і сприяння економічному розвитку тієї території, де знаходиться логістичний кластер. Але сьогодні призначення кластера може бути розширене. З цього приводу слід вказати, що

саме завдяки організації логістичних кластерів дуже швидко може формуватися регіоналізація ринків в Україні, яка для збалансованого розвитку регіонів вимагає створення системи регулювання логістичного навантаження в межах логістичних кластерів. Основною складовою вказаної системи є підсистема транспортування вантажів у межах кожного логістичного кластеру. З метою збалансування вантажопотоків необхідно застосувати комплексний підхід до вирішення транспортної задачі, а саме поетапного визначення: а) найкоротших відстаней між замовниками вантажу, які в подальшому будуть закладені в формування оптимального маршруту (маршрутів) руху автотранспортного засобу (засобів) при обслуговуванні клієнтів; б) оптимального плану поставок вантажу замовникам (клієнтам) за критерієм мінімуму сумарних транспортних витрат; в) множину можливих найкоротших маршрутів, по яких можна здійснювати перевезення з пунктів вантажовідправника до пунктів вантажоотримувача за визначеним оптимальним планом; г) доцільної кількості і типу автотранспортних засобів для здійснення транспортного процесу за визначеними маршрутами і оптимальним планом перевезень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цільова спрямованість кластерів є очевидною – це підвищення конкурентноздатності учасників цього об'єднання і посилення економічного розвитку регіону. На це особливо вказується у наукових роботах Гринчак О.В., Давлетханової О.Х., Коваленко Г.О. [4, 6], Костюка В., Шеламової І. [7], Московітіної Т.Д. [9] та ін. Але жоден автор не звертає уваги на той факт, що основним фактором у підвищенні конкурентоздатності є організація оптимальних вантажопотоків на території регіону чи держави в цілому. Ця проблема звичайно вирішується на основі рішення відомої транспортної задачі.

Рішення транспортної задачі знайшли відображення у великій кількості публікацій, зокрема, Алькеми В.Г. [1], Горяїнова О.В. [3], Кігеля В.Р. [6], Лукінського В.С. [8], Неруша Ю.М. [10], Постан М.Я. [12], Анкіна Б.А. [13], Уотерса Д. [15], Шапіро Дж. [16]. Але слід зазначити, що автори підходять до рішення останньої здебільшого з позицій визначення або оптимального

маршруту, або оптимізації витрат на маршруті, або вибору найбільш придатних для перевезення вантажу транспортних засобів. Такий підхід є правильним тільки для рішення локальних задач, наприклад, раціоналізації маршруту при обслуговуванні заданої кількості клієнтів і т. ін. Однак рішення комплексної задачі обґрунтування раціонального маршруту перевезень, формування оптимального плану перевезень і вибору того чи іншого виду транспортного засобу для здійснення запланованих перевезень в сучасній літературі детально не описано. Окрім того, ще ні один дослідник не запропонував рішення транспортної задачі в межах логістичного кластеру в комплексі, тобто визначення доцільного маршруту перевезення вантажів, оптимального плану перевезення за визначеними маршрутами, необхідної кількості транспортних засобів визначеного типу. Таким чином, можна стверджувати, що рішення транспортної задачі в межах логістичного кластеру в комплексі сьогодні є ще не відпрацьованим у повній мірі.

Формулювання цілей статті. Метою статті є обґрунтування практичного застосування чотирьохетапного алгоритму рішення транспортної задачі для складних схем перевезень вантажів при обслуговуванні великої кількості клієнтів в межах логістичного кластеру.

Викладення основного матеріалу. У роботі [14] автором було запропоновано алгоритм рішення транспортної задачі для складних схем перевезень вантажів на основі використання моделей багатоетапних транспортних задач. Процес рішення транспортної задачі передбачає реалізацію чотирьох етапів, представлених на рис. 1.

Розглянемо на практичному прикладі можливість застосування наведеного алгоритму.

Припустимо, що в умовному логістичному кластері виконується транспортний процес з перевезення однорідного вантажу з пунктів доставки до пунктів споживання (рис. 2). Пункти поставок пов'язані з пунктами споживання транспортною мережею. Найвні типи автотранспортних засобів, що знаходяться в межах логістичного кластеру, відрізняються між собою вантажоідйомністю, транспортними витратами, техніко-експлуатаційними параметрами.



Рис. 1. Етапи рішення транспортної задачі для складних схем перевезень вантажів

Пункти поставки зобразимо у вигляді кіл, пункти споживання – у вигляді квадратів, а проміжні пункти – у вигляді трикутників. Над дугами транспортної мережі (ГМ) зазначмо їхні довжини (у кілометрах). Дані про обсяги вантажу в постачальників і обсяги попиту на ці вантажі для споживачів зведемо в табл. 1.

Таблиця 1

Вихідні дані про наявність вантажу й попит на нього

№ постачальника	1	2	3	-
Обсяг вантажу, a_i , шт.	50	45	40	-
№ споживача	4	5	6	7
Попит на вантаж, b_j , шт.	20	15	35	30

Для описаної ситуації необхідно знайти оптимальний план розподілу різнотипних автотранспортних засобів для перевезення вантажів за знайденими маршрутами за критерієм мінімуму загальних транспортних витрат.

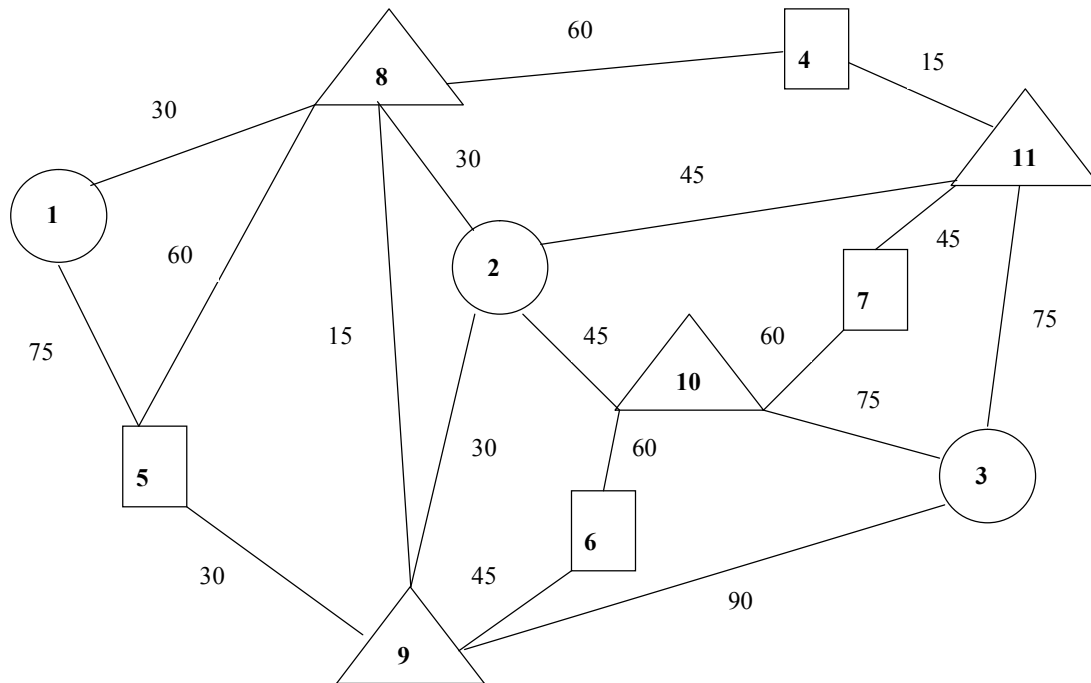


Рис. 2. Схема транспортної мережі доставки вантажів замовникам

Виконаємо рішення даної задачі відповідно до вищеписаних етапів (рис. 1) запропонованого в роботі [14] алгоритму.

Етап 1. Формування матриці однокланових відстаней C для рис. 2 відповідно до формул (1) [14].

Сформована матриця буде мати вигляд, що наведено в табл. 2. У якості ∞ досить взяти, наприклад, 1000 км.

Таблиця 2

Вихідна матриця однокланових відстаней C

№\№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	1000	1000	1000	75	1000	1000	30	1000	1000	1000
2	1000	0	1000	1000	1000	1000	1000	30	30	45	45
3	1000	1000	0	1000	1000	1000	1000	1000	90	75	75
4	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000	60	1000	1000	15
5	75	1000	1000	1000	0	1000	1000	60	30	1000	1000
6	1000	1000	1000	1000	1000	0	1000	1000	45	60	1000
7	1000	1000	1000	1000	1000	1000	0	1000	1000	60	45
8	30	30	1000	60	60	1000	1000	0	15	1000	1000
9	1000	30	90	1000	30	45	1000	15	0	1000	1000
10	1000	45	75	1000	1000	60	60	1000	1000	0	1000
11	1000	45	75	15	1000	1000	45	1000	1000	1000	0

Визначення матриці найкоротших відстаней C^* за алгоритмом, що представлений рівнянням (2) із [14], показано в табл. 3 – 5.

Таблиця 3

Матриця проміжних розрахунків 1

№\№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	60	1000	90	75	1000	1000	30	45	1000	1000
2	60	0	120	60	60	75	90	30	30	45	45
3	1000	120	0	90	120	135	120	105	90	75	75
4	90	60	90	0	120	1000	60	60	75	1000	15
5	75	60	120	120	0	75	1000	45	30	1000	1000
6	1000	75	135	1000	75	0	120	60	45	60	1000
7	1000	90	120	60	1000	120	0	1000	1000	60	45
8	30	30	105	60	45	60	1000	0	15	75	75
9	45	30	90	75	30	45	1000	15	0	75	75
10	1000	45	75	1000	1000	60	60	75	75	0	90
11	1000	45	75	15	1000	1000	45	75	75	90	0

Таблиця 4

Матриця проміжних розрахунків 2

№\№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	60	135	90	75	90	150	30	45	105	105
2	60	0	120	60	60	75	90	30	30	45	45
3	135	120	0	90	120	135	120	105	90	75	75
4	90	60	90	0	105	120	60	60	75	105	15
5	75	60	120	105	0	75	150	45	30	105	105
6	90	75	135	120	75	0	120	60	45	60	120
7	150	90	120	60	150	120	0	120	1000	60	45
8	30	30	105	60	45	60	120	0	15	75	75
9	45	30	90	75	30	45	120	15	0	75	75
10	105	45	75	105	105	60	60	75	75	0	90
11	105	45	75	15	105	120	45	75	75	90	0

Таблиця 5

Матриця найкоротших відстаней, С*

№\№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	60	135	90	75	90	150	30	45	105	105
2	60	0	120	60	60	75	90	30	30	45	45
3	135	120	0	90	120	135	120	105	90	75	75
4	90	60	90	0	105	120	60	60	75	105	15
5	75	60	120	105	0	75	150	45	30	105	105
6	90	75	135	120	75	0	120	60	45	60	120
7	150	90	120	60	150	120	0	120	1000	60	45
8	30	30	105	60	45	60	120	0	15	75	75
9	45	30	90	75	30	45	120	15	0	75	75
10	105	45	75	105	105	60	60	75	75	0	90
11	105	45	75	15	105	120	45	75	75	90	0

Дані в табл. 4 і 5 збігаються, що свідчить про закінчення розрахунків.

Етап 2. Визначення оптимального плану поставок Y^* як рішення задачі (4) із [14]:

$$\begin{aligned}
& 90y_{14} + 75y_{15} + 90y_{16} + 150y_{17} + 60y_{24} + 60y_{25} + 75y_{26} + 90y_{27} + \\
& + 90y_{34} + 120y_{35} + 135y_{36} + 120y_{37} \rightarrow \min; \\
& y_{14} + y_{15} + y_{16} + y_{17} \leq 50; \\
& y_{24} + y_{25} + y_{26} + y_{27} \leq 45; \\
& y_{34} + y_{35} + y_{36} + y_{37} \leq 40; \\
& y_{14} + y_{24} + y_{34} = 20; \\
& y_{15} + y_{25} + y_{35} = 15; \\
& y_{16} + y_{26} + y_{36} = 35; \\
& y_{17} + y_{27} + y_{37} = 30; \\
& y_{ij} = [y_{ij}] \geq 0; i = \overline{1,3}; j = \overline{4,7}.
\end{aligned}$$

Коефіцієнти (90, 75, 90, 150, 60, 60, 75, 90, 90, 120, 135, 120) цільової функції взяті з виділеної частини табл. 5. Для визначення елементів оптимального плану використаємо розрахунковий пакет MS Excel (процедура «Пошук рішення»). Результати наведені в табл. 6.

Таблиця 6

Оптимальний план перевезень, Y^*

№ споживача / № постачальника	4	5	6	7
1	0	15	35	0
2	20	0	0	25
3	0	0	0	5

Етап 3. Визначення множини найкоротших маршрутів, що з'єднують пункти поставок 1, 2, 3 з пунктами споживання 4, 5, 6, 7 за алгоритмом (6) [14]. У результаті одержимо наступні маршрути: 1-й маршрут – $S_{15} = (1,5)$; 2-й маршрут – $S_{16} = (1,8,9,6)$; 3-й маршрут – $S_{24} = (2,11,4)$; 4-й маршрут – $S_{27} = (2,11,7)$; 5-й маршрут – $S_{37} = (3,11,7)$. Причому обсяги перевезень за цими маршрутами, відповідно, рівні: $Q_1 = 15; Q_2 = 35; Q_3 = 20; Q_4 = 25; Q_5 = 5$.

Етап 4. Визначення оптимального плану машиноперевезень X^* виконується як рішення задачі (9) [14].

Припустимо, що перевезення вантажу клієнтам від вантажовідправників здійснюється автотранспортом двох різних

типів. Дані про їх вантажопідйомність, статичні коефіцієнти вантажопід'ємності, матриці собівартостей одного перевезення, тривалості перевезень і тривалості простоїв, а також максимальних кількостях перевезень для кожного маршруту для розглянутого автотранспорту представлені в табл. 7 – 11.

Таблиця 7

Технічні характеристики автотранспорту

№ типу автотранспорту	Вантажопідйомність (q_p), тон	Статичний коефіцієнт вантажопідйомності (γ_p)
Авто 1	6	0,7
Авто 2	4	0,8

Таблиця 8

Значення собівартості одного перевезення («у прямому і зворотному напрямках») для автотранспорту всіх типів для кожного маршруту, d_{pl}

№ типу автотранспорту	1-й маршрут, у.г.о./мащ.-пер.	2-й маршрут, у.г.о./мащ.-пер.	3-й маршрут, у.г.о./мащ.-пер.	4-й маршрут, у.г.о./мащ.-пер.	5-й маршрут, у.г.о./мащ.-пер.
Авто 1	1,5	1,9	1,2	1,9	2,6
Авто 2	1,4	1,7	1	1,7	2,1

Таблиця 9

Матриця тривалості перевезень («у прямому і зворотному напрямках»), t_{pl}

№ типу автотранспорту	1-й маршрут, г	2-й маршрут, г	3-й маршрут, г	4-й маршрут, г	5-й маршрут, г
Авто 1	4,6	5,6	3,8	5,6	7,4
Авто 2	4,2	5,2	3,4	5,2	6,8

Таблиця 10

Матриця часу (тривалості) простоїв, t_{pl}^{np}

№ типу автотранспорту	1-й маршрут, г	2-й маршрут, г	3-й маршрут, г	4-й маршрут, г	5-й маршрут, г
Авто 1	1,1	1,4	0,8	1,4	1,8
Авто 2	1	1,3	1,4	1,3	1,6

Таблиця 11

**Матриця максимальних кількостей перевезень
за маршрутами, N_{pl}**

№ типу автотранспорту	1-й маршрут, од.	2-й маршрут, од.	3-й маршрут, од.	4-й маршрут, од.	5-й маршрут, од.
Авто 1	4	3	5	3	3
Авто 2	5	4	5	4	3

Припустимо також, що кількість діб, яка відведена для поставок вантажу, дорівнює $\alpha = 3$ (діб), а частка доби (у відносних одиницях), протягом якої автотранспорт може здійснювати перевезення, – 0,3.

Задача (9) із [14] буде мати наступний вигляд:

$$V(X) = 1,5x_{11} + 1,9x_{12} + 1,2x_{13} + 1,9x_{14} + 2,6x_{15} + 1,4x_{21} + 1,7x_{22} + x_{23} + 1,7x_{24} + 2,1x_{25} \rightarrow \min;$$

$$6 \cdot 0,7x_{11} + 4 \cdot 0,8x_{21} \geq 15;$$

$$6 \cdot 0,7x_{12} + 4 \cdot 0,8x_{22} \geq 35;$$

$$6 \cdot 0,7x_{13} + 4 \cdot 0,8x_{23} \geq 20;$$

$$6 \cdot 0,7x_{14} + 4 \cdot 0,7x_{24} \geq 25;$$

$$6 \cdot 0,7x_{15} + 4 \cdot 0,7x_{25} \geq 5,$$

$$x_{ij} = [x_{ij}] \geq 0; i = \overline{1,2}; j = \overline{1,5}.$$

Оптимальний план машино-перевезень визначався по процедурі «Пошук рішення» в MS Excel і наведений у табл. 12. При цьому сумарні транспортні витрати на виконання транспортного процесу склали $V_{\min} = V(X^*) = 44$ умовних грошових одиниць.

Таблиця 12

Оптимальний план машино-перевезень, X^*

№ типу автотранс- порту	1-й маршрут, од.	2-й маршрут, од.	3-й маршрут, од.	4-й маршрут, од.	5-й маршрут, од.
Авто 1	3	7	4	6	0
Авто 2	1	2	1	0	2

Висновки. Запропонований алгоритм рішення транспортної задачі надав можливість для описаної ситуації швидко і з достатньою коректністю визначити не тільки доцільний варіант оптимального розподілу автотранспорту за п'ятьма маршрутами (табл. 13), але і знайти найкоротші відстані між замовниками вантажу, які стали основою формування оптимальних маршрутів руху автотранспортних засобів при обслуговуванні клієнтів (табл. 11) та скласти оптимальний план поставок вантажу замовникам за критерієм мінімуму сумарних транспортних витрат (табл. 12) відповідно з визначеними маршрутами.

Таблиця 13

Варіант оптимального розподілу автотранспорту

всіх типів, Z_{pl}^*

№ типу автотранспорту	1-й маршрут, од.	2-й маршрут, од.	3-й маршрут, од.	4-й маршрут, од.	5-й маршрут, од.
Авто 1	1	3	1	2	0
Авто 2	1	1	0	0	1

Література.

1. Алькема В.Г. Удосконалення логістичної системи доставки товарів промислової групи / В.Г. Алькема // Вісник донецького інституту автомобільного транспорту. –№1. – Донецьк: ПП «Рекламно-виробнича фірма “Молнія”», 2009. – С.26–31.

2. Гольштейн Е.Г. Задачі лінійного програмування транспортного типу / Е. Г. Гольштейн, В.Б. Юдин. –М. : Наука, 1969. – 354 с.

3. Горяїнов О.М. Практика вантажних перевезень і логістики / О.М. Горяїнов : Навчальний посібник. – Харків: Вид-во Шейніної О.В., 2008. – 323 с.

4. Гринчак О.В. Роль економічних кластерів у підвищенні конкурентоспроможності підприємств АПК / О.В. Гринчак, О.Х. Давлетханова, Г.О. Коваленко // Вісник ХНТУСГ : Економічні науки. – Виш. 97. – Харків : ХНТУСГ, 2010. – С. 41–48.

5. Кигель В.Р. Вибір найбільш економічного маршрута перевезення вантажів в умовах ризику / В.Р. Кигель // Логістика:

проблемы и решения. – № 1. – 2009. – С. 26–30.

6. Коваленко Л.В. О некотором подходе к формированию транспортно-логистического кластера в Одесском регионе / Л.В. Коваленко : Тезисы докладов Второй международной научно-практич. конф. «Проблемы развития транспортной логистики». – Одесса: ОНМУ, 2010. – С. 51 – 53.

7. Костюк В. Кластерні моделі в інноваційному розвитку економіки України / В. Костюк, І. Шеламова // Вчені записки Університету «КРОК» / Ун-т економіки та права «КРОК». – Вип. 18. – Т.3. – К., 2008. – С.84–92.

8. Модели и методы теории логистики : учебное пособие / Под ред. В. С. Лукинского. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2008. – 448 с.

9. Московитина Т.Д. Кластеры как эффективный инструмент повышения конкурентоспособности компаний / Т.Д. Московитина : Тезисы докладов Второй международной научно-практич. конф. «Проблемы развития транспортной логистики». – Одесса: ОНМУ, 2010. – С. 73 – 74.

10. Неруш Ю.М. Логистика / Ю.М. Неруш : Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 495 с.

11. Портер М. Конкуренция / М. Портер [пер. с англ.]. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 495 с.

12. Постан М.Я. Экономико-математические модели смешанных перевозок / М.Я. Постан : монографія. – Одесса: Астропринт, 2006. – 376 с.

13. Практикум по логистике : Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Б.А. Аникина. – М.: ИНФРА – М, 2002. – 280 с.

14. Сумець О.М. Алгоритм рішення транспортної задачі для складних схем перевезень вантажів / О.М. Сумець // Вчені записки Університету «КРОК» / Ун-т економіки та права «КРОК». – Вип. 22. – К., 2008. – С.176–181.

15. Уотерс Дональд. Логистика. Управление цепью поставок / Д. Уотерс [пер. с англ.]. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.

16. Шапиро Дж. Моделирование цепи поставок / Дж. Шапиро [пер. с англ.] / Под. ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2006. – 720 с.