

УДК 656.07:303.722.4

**ФОРМИРОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОГО МНОЖЕСТВА АЛЬТЕРНАВ  
В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КЛАСТЕРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ****Ромах В.Л.****FORMATION OF EFFECTIVE SET OF ALTERNES IN SOLVING  
THE TASKS OF CLUSTER OPTIMIZATION****Romakh V.L.**

*В статье рассмотрены вопросы формирования эффективного множества альтернатив для оптимизации работы транспортно-логистического кластера. Размерность инфраструктурной составляющей обусловило использование метода декомпозиции. На начальных этапах сформировано «исходное», «допустимое» и «работоспособное» множества. На заключительном этапе, при использовании модифицированного метода динамического программирования (алгоритма Кеттеля), решена двухкритериальная задача для выявления эффективного множества.*

**Ключевые слова:** транспортно-логистический кластер, инфраструктура, эффективное множество альтернатив, алгоритм Кеттеля.

**Вступ.** Разнообразие структурных форм транспортно-логистического кластера и функций его участников [1] влечет за собой сложности в реализации инфраструктурных проектов. Учитывая роль контейнерной составляющей и особенности формирования контейнерных отправок, недостаточная оперативность реакции инфраструктуры на изменения в логистическом и транспортном уровнях обуславливает как недоиспользование, так и переизбыток не только портовых, но и внутрисистемных сетевых мощностей. Это влечет за собой негативные последствия для всех участников рынка и требует комплексных решений.

**Постановка проблемы.** Наличие соответствующих параметров инфраструктуры, в частности транспортной сети, обеспечивающей коммуникацию с портом на территории региона, является необходимым условием ее эффективного использования. Принятие решения об изменении ее параметрического представления требует разработки методики формирования эффективного множества альтернатив, обеспечивающего оптимальную совокупность и последовательность мероприятий для улучшения показателей эксплуатационной работы по критери-

ям прироста пропускной способности при минимизации инвестиционной составляющей. Данная задача относится к задачам многокритериальной оптимизации.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Решению задач многокритериальной оптимизации в транспортной отрасли посвящен ряд работ. В [2] проведено исследование ряда задач, связанных с решением проблем управления в едином логистическом комплексе. Многокритериальная транспортная задача с разрывными функциями и целочисленными переменными решена в [3]. В [4] разработано решение четырехкритериальной транспортной задачи с составлением программного комплекса. В качестве критериев использовались минимальные стоимость, время и накладные расходы перевозок и максимальный объем перевозок. В работе [5] представлена реализация решения двухкритериальной транспортной задачи с доказательством Парето-оптимальности разработанного итерационного алгоритма.

**Цель статьи.** Для разработки методики формирования эффективного множества альтернатив изменения параметрического представления инфраструктуры внутрикластерных сетевых мощностей, учитывая особенности структуры и функции кластера и лица, принимающего решение, учитывая заданную двухкритериальность задачи и независимость от временного фактора, предлагается использовать модифицированный метод динамического программирования (алгоритм Кеттеля) [6].

**Результат исследования.**

Предложено, используя метод декомпозиции, определить этапы формирования эффективного множества альтернатив изменения мощности внутрикластерной транспортной сети, произведя запись, основываясь на постулаты теории множеств.

1. Выделение элементов  $G_1$  (информационная основа), входящих в «исходное» множество  $\Omega_1$ ;

$$G_1 \subseteq \Omega_1 \quad (1)$$

$$G_1 = \{g_{ij}\}, i=1, n; j=1, m \quad (2)$$

где  $G_1$ - исходное множество элементов объекта исследования;

$g_{ij}$  - элемент исходного множества рассматриваемой транспортной системы  $j$ -го вида транспорта

$$g_{ij} = \{p_{ijk}\}, i=1, n; j=1, m; k=1, l \quad (3)$$

где  $p_{ijk}$  - параметры  $g_{ij}$ -го элемента;  
 $k$  – тип параметра  $g_{ij}$ -го элемента.

2. Из «исходного» множества  $\Omega_1$ , формируем «допустимое» множество  $\Omega_2$ , накладывая нормативные ограничения:

$$G_2 \subseteq \Omega_2 \quad (4)$$

$$G_2 = \{g_{ij}^2\}, i=1, n; j=1, m \quad (5)$$

где  $G_2$ - допустимое множество элементов объекта исследования;

$g_{ij}^2$  - элемент допустимого множества рассматриваемой транспортной системы  $j$ -го вида транспорта

$$g_{ij}^2 = \{p_{ijk}^2\}, i=1, n; j=1, m; k=1, l \quad (6)$$

где  $p_{ijk}^2$  - параметры  $g_{ij}^2$ -го элемента;  
 $k$  – тип параметра  $g_{ij}^2$ -го элемента.

При этом:

$$\{g_{ij}^2 \perp \forall g_{ij} (p_{ijk} \neq N_{ij})\} \quad (7)$$

где –  $N_{ij}$  - множество нормативов  $t$ ,  $j$ -го вида транспорта.

3. На основании допустимого множества  $\Omega_2$  формируем множество «работоспособное» множество  $\Omega_3$ . В ограничении входят совокупность звеньев видов транспорта, на которых при определении работоспособности сети, после прогнозирования и перераспределения остался резерв пропускной способности [7-10]:

$$G_3 \subseteq \Omega_3 \quad (8)$$

$$G_3 = \{g_{ij}^3\}, i=1, n; j=1, m \quad (9)$$

где  $G_3$ - допустимое множество элементов объекта исследования;

$g_{ij}^3$  - элемент допустимого множества рассматриваемой транспортной системы  $j$ -го вида транспорта

$$g_{ij}^3 = \{p_{ijk}^3\}, i=1, n; j=1, m; k=1, l \quad (10)$$

где  $p_{ijk}^3$  - параметры  $g_{ij}^3$ -го элемента;  
 $k$  – тип параметра  $g_{ij}^3$ -го элемента.

При этом:

$$\{g_i^3 \perp \forall g_i^2 \in J_v\} \quad (11)$$

где  $J_v$  – виды транспорта, после проведения проверки системы на работоспособность,  $v=1, z$

4. На рассматриваемом множестве  $\Omega_3$ , применив метод оптимизации (принцип Парето) для исключения заведомо неэффективных результатов, формируется  $\Omega$ .

$$\Omega_3 \subseteq \Omega \quad (12)$$

Для выявленного множества  $\Omega$  справедливо следующее:

исключение неконкурентных мероприятий путем их ранжирования по возрастанию капиталовложений на каждом элементе, входящем в исследуемую область, т.е.

$$K_1 < K_2 < \dots < K_y \quad (13)$$

исключение неконкурентных мероприятий путем их ранжирования по возрастанию пропускной способности каждого элемента (с точки зрения освоения дополнительного контейнерного грузопотока), входящего в исследуемую область, т.е.

$$\Delta\Gamma_1 < \Delta\Gamma_2 < \dots < \Delta\Gamma_y \quad (14)$$

Т.е. применяется процедура просеивания, что позволяет исключить не только сами неконкурентные мероприятия, но и их последующие комбинации. Произведя ранжирования такого типа на одном элементе, производится последующие композиционные объединения.

Используя приведенные выше обоснования, приведем реализацию метода на реальном объекте, где при первой постановке максимальное  $K_y$  не должно превышать 100 т.е., а при второй постановке минимальный прирост  $\Delta\Gamma_y$  должен быть не менее 100 TEU.

Сформированные исходные данные наведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

$m_{ij}$ (мероприятия)	№ $m_{ij}$	№ нереализованных $m_{ij}$	$K_y$ , тыс	$\Delta\Gamma_y$ , TEU
1-й участок				
	0	1,2,3	0	0
$m_{11}$	1	2,3	20	40
$m_{21}$	2	1,3	40	60
$m_{31}$	3	1,2	90	60
2-й участок				
	0	4,5,6	0	0
$m_{12}$	4	5,6	10	20
$m_{22}$	5	4,6	35	50
$m_{32}$	6	4,5	50	50
3-й участок				
	0	7,8,9	0	0
$m_{13}$	7	8,9	12	30
$m_{23}$	8	7,9	30	45
$m_{33}$	9	7,8	80	40

Основываясь на исходных данных, в таблицах 2, 3 и 4 приведены доминирующие последовательности первого второго и третьего участков.

Проведя декомпозицию первого и второго участков (рис.1.), в таблице 5 выстроим доминирующую последовательность композиции 1-го и 2-го участков.

Таблица 2

**Доминирующие последовательности участка 1**

№ m <sub>ij</sub>	№ нереализованных m <sub>ij</sub>	K <sub>i</sub> , тыс.	ΔГ <sub>i</sub> , TEU
0	1,2,3	0	0
1	2,3	20	40
2	1,3	40	60

Таблица 3

**Доминирующие последовательности участка 2**

№ m <sub>ij</sub>	№ нереализованных m <sub>ij</sub>	K <sub>i</sub> , тыс. грн.	ΔГ <sub>i</sub> , TEU
0	4,5,6	0	0
4	5,6	10	20
5	4,6	35	50

Таблица 4

**Доминирующие последовательности участка 3**

№ m <sub>ij</sub>	№ нереализованных m <sub>ij</sub>	K <sub>i</sub> , тыс. грн.	ΔГ <sub>i</sub> , TEU
0	7,8,9	0	0
7	8,9	12	30
8	7,9	30	45

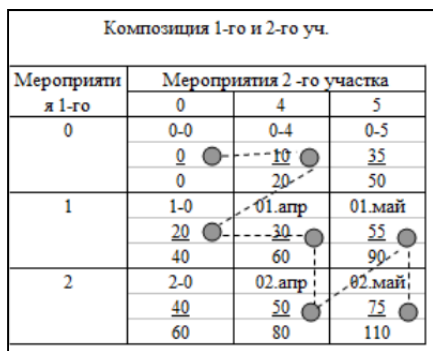


Рис. 1. Композиция двух участков

Таблица 5

**Доминирующие последовательности композиции участков 1 и 2**

	Av	K <sub>i</sub> , тыс.	Г <sub>i</sub> , TEU
1	0--0	0	0
2	0--4	10	20
3	1--0	20	40
4	1--4	30	60
5	2--4	50	80
6	1--5	55	90
7	2--5	75	110

Затем, проведя композицию трех участков (рис. 2), в таблице 6 приведем итоговую доминирующую последовательность их композиции, на которой наглядно (рис. 3) отображается искомая эффективная множество альтернатив (ЭОА).

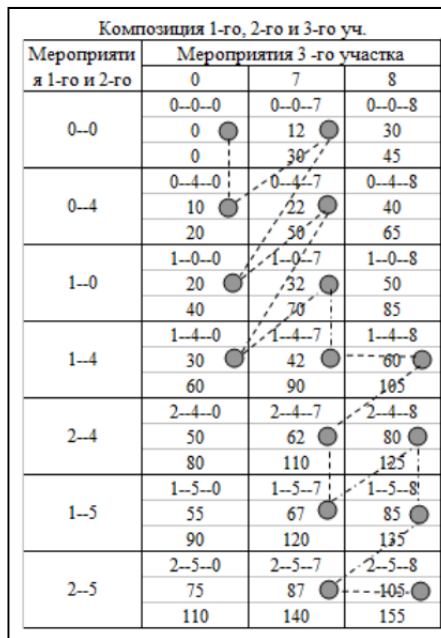


Рис. 2. Композиция трех участков

Таблица 6

**Итоговая доминирующая последовательность композиции участков 1, 2 и 3**

	Av	K <sub>i</sub> , тыс.	ΔГ <sub>i</sub> , TEU
1	0--0--0	0	0
2	0--4--0	10	20
3	0--0--7	12	30
4	1--0--0	20	40
5	0--4--7	22	50
6	1--4--0	30	60
7	1--0--7	32	70
8	1--4--7	42	90
9	1--4--8	60	105
10	2--4--7	62	110
11	1--5--7	67	120
12	2--4--8	80	125
13	1--5--8	85	135
14	2--5--7	87	140
15	2--5--8	105	155

Применение аналогичного алгоритма для каждого последующего звена сети (рис.3), обеспечивающего эффективную работу транспортно - логистического кластера в целом, позволяет принять решение о выборе: направления контейнерных челноков внутри кластера; вида транспорта, обеспечивающего данную «работу»; и даже, позволить, на начальном этапе, принимать решения о конкурентоспособности данного транспортно – логистического

кластера. Реализация данного алгоритма не возможна без применения современных информационных технологий и требует дальнейшего изучения.



Рис. 3. Итоговая доминирующая последовательность звеньев

### Л и т е р а т у р а

1. Olaf Merk, Theo Notteboom. Port Hinterland Connectivity // International Transport Forum Discussion Paper, No. 2015-13. 34 p.

2. Серая О. В. Многомерные модели логистики в условиях неопределенности: монография / О. В. Серая. - Харьков: Стеценко И. И., 2010. - 512 с.

3. Осокина Ю. А., Чернишова Г. Д. Многокритериальная транспортная задача с разрывной целевой функцией. // Вестник, серия: системный анализ и информационные технологии. 2008. № 2. С. 10 - 12.

4. Нуркаева А.В. Методы многокритериальной оптимизации транспортной задачи // Инженерный вестник Дона. № 1. 2018

5. Серая О. В. Двухкритериальная транспортная задача // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». НТУ «ХПИ», 2009. № 4. - С. 64-68.

6. Оптимальные задачи надежности // под ред. Ушакова М. 1968. 293с.

7. Ромах В. Л., Гончарук С.М. Проблемы развития мощности железнодорожных звеньев международных транспортных коридоров территории Украины. // Проблемы техники: Науково – виробничий журнал – Одеса – 2007. - № 3. – С. 89 -107.

8. Ромах В. Л. Определение загрузки элементов транспортной инфраструктуры // Международная научно-практическая конференция «Перспективы инновации в науке, образовании, производстве и транспорте». – июнь 2010г. – С. 77-80.

9. Ромах В.Л. Методи визначення завантаження елементів транспортної мережі. Проблеми функціонування і розвитку портів. Том 2.: монографія / [авт. кол.: Кириллова О.В., Магамадов О.Р., Макушев П.А., Решетков Д.М., Ромах В.Л. та ін.]. – Одеса: КУПІСНКО С. В., 2017. 111-115с.

10. Ромах В.Л. Методика формування попередньої множини елементів рівня ТТС // Технології та інфраструктура транспорту : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 14-16 травня 2018р., м. Харків – Харків : УкрДУЗТ, 2018. – С. 224-225.

### References

1. Olaf Merk and Theo Notteboom. Port Hinterland Connectivity // International Transport Forum Discussion Paper, No. 2015-13. 34 p.

2. Seraya O. V. Multidimensional models of logistics in conditions of uncertainty: monograph / O. V. Seraya. - Kharkov: Stetsenko I. I., 2010. - 512 p.

3. Osokina Yu. A., Chernishova G. D. A multi-criteria transport problem with a discontinuous objective function. // Bulletin, series: system analysis and information technology. 2008. № 2. P. 10 - 12.

4. Nurkayeva A.V. Methods of multicriteria optimization of the transportation problem // Engineering West. Nick Don. № 1. 2018

5. Seraya O. V. Two-criteria transport task // Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". NTU "KhPI", 2009. № 4. - p. 64-68.

6. Optimal problems of reliability // ed. Usha-kova M. 1968. 293s.

7. Romakh V. L., Goncharuk S.M. Problems of development of the capacity of railway links of international transport corridors of the territory of Ukraine. // Problems of technology: Naukovo - Virobnich journal - Odessa - 2007. - № 3. - P. 89 -107.

8. Romakh V. L. Determination of the loading of elements of the transport infrastructure // International Scientific and Practical Conference "Prospects for innovation in science, education, manufacturing and transport." - June 2010 - p. 77-80.

9. Romakh V.L. Methods for assigning a job for a few people in transport. Problem-func-nuvni i rozvitku portiv. Volume 2 : monograph / [ed. Col : Kirillova OV, Magamadov OR, Maqu-Shev PA, Reshetkov D.M., Romakh V.L. and other]. - Odesa: KUPRIENKO S.V., 2017. 111-115p.
10. Romakh V.L. Methods of forming the front of the set of elements of the TTS convention // Technology and transport infrastructure: materials of the International scientific practical conference, 14-16 of april 2018, m. Kharkiv - Kharkiv: UkrDUZT, 2018. - P. 224-225.

**Ромах В.Л. Формування ефективної множини альтернатив в решенні задач кластерної оптимізації.**

*У статті розглянуті питання формування ефективної множини альтернатив для оптимізації роботи транспортно-логістичного кластера. Розмірність інфраструктурної складової зумовило використання методу декомпозиції. На початкових етапах сформовано «вихідну», «допустиму» та «працездатну» множини. На заключному етапі, при використанні модифікованого методу динамічного програмування (алгоритму Кеттеля), вирі-*

*шена двукритеріальний задача з виявлення ефективної множини.*

**Ключові слова:** транспортно логістичний кластер, інфраструктура, ефективне безліч альтернатив, алгоритм Кеттеля.

**Romakh V.L., Formation of effective set of alterns in solving the tasks of cluster optimization**

*The article deals with the formation of an effective set of alternatives for optimizing the operation of the transport logistics cluster. The dimension of the infrastructure component led to the use of the decomposition method. At the initial stages, the “initial”, “admissible” and “workable” sets are formed. At the final stage, when using a modified dynamic programming method (Kettel's algorithm), the two-criterion problem was solved and the effective set was identified.*

**Keywords:** transport and logistics cluster, infrastructure, effective set of alternatives, Kettel algorithm.

Рецензент: д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 08.04.2019