

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-3-137-144

УДК 004.94

## АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ ПЕРЕВОЗОК

*Львович Я.Е., Преображенский А.П., Чопоров О.Н.*

*В статье рассматривается задача, связанная с созданием алгоритма для рационального использования ресурсов в системе перевозок. Приведена математическая модель многошагового процесса принятия решения по планированию перевозок. Дан частный случай алгоритма.*

**Ключевые слова:** *система перевозок; алгоритм; ресурс; управление.*

## ALGORITHMIZATION OF RATIONAL USE OF RESOURCES IN THE TRANSPORTATION SYSTEM

*Lvovich Ya.E., Preobrazhenskiy A.P., Choporov O.N.*

*The paper considers the problem associated with the creation of an algorithm for the rational use of resources in the transportation system. A mathematical model of a multi-step decision-making process for transportation planning is presented. A special case of the algorithm is given.*

**Keywords:** *transportation system; algorithm; resource; control.*

### **Введение**

При управлении компаниями, связанными с перевозками могут быть использованы разные методы [1, 2]. Они нацелены на то, чтобы было принято оптимальное решение. В общем виде математическая модель принятия оптимального решения может быть сформулиро-

вана как задача нелинейного программирования. Эффективность численного решения подобной задачи оптимизации во многом определяется ее размерностью [3]. При одношаговом процессе принятия оптимального решения выбор численных значений для всех компонент вектора оптимизируемых переменных осуществляется одновременно, что при большой размерности анализируемой задачи может существенно затруднить поиск оптимального решения [4]. Одним из подходов к преодолению отмеченной трудности является организация процесса принятия решения в виде процесса, имеющего конечное число шагов [5]. В данной работе рассматривается алгоритм, позволяющий оптимальным образом использовать мощности компании, связанной с перевозками.

**Алгоритм рационального использования производственных мощностей компании, связанной с перевозками.** Предположим, что для некоторого участка компании, связанной с перевозками группу однотипных объектов задана соответствующая программа для каждого фиксированного периода времени (дня, недели, месяца), которая сильно меняется во времени (рис. 1). Обозначим через  $m_j$ ,  $j = \overline{1, N}$  плановое задание по перевозке объектов [6, 7] для  $j$ -го периода времени, а через  $q_j = x_j$ ,  $j = \overline{1, N}$  количество объектов практически перевозимых для  $j$ -го периода времени, что требует определенных затрат соответствующих ресурсов (техники, обслуживающего персонала, и т. д.). Потребуем, чтобы плановые задания  $m_j$  всегда выполнялись:

$$x_j \geq m_j, j = \overline{1, N}. \quad (1)$$

Очевидно, что  $x_{N+1} = x_0$  характеризует переходящий с предыдущего периода планирования объем перевозимых объектов. В том случае, когда производственные мощности можно использовать без всяких затрат оптимальный график перевозки объектов совпадает с плановыми заданиями:

$$x_i^* \geq m_j^*, j = \overline{1, N}. \quad (2)$$

Однако, если затраты по увеличению и сокращению производственных мощностей в каждый период времени значительны, то график перевозки объектов (рис. 1) может оказаться невыгодным

с точки зрения общих затрат, связанных с рассматриваемыми процессами перевозок. В случае перевозки объектов больше планового задания ( $x_j - m_j$ ) приходится учитывать затраты, связанные с хранением этих объектов. Будем считать, что функция затрат, связанная с отклонением фактической перевозки объектов от плановых заданий имеет следующий вид:

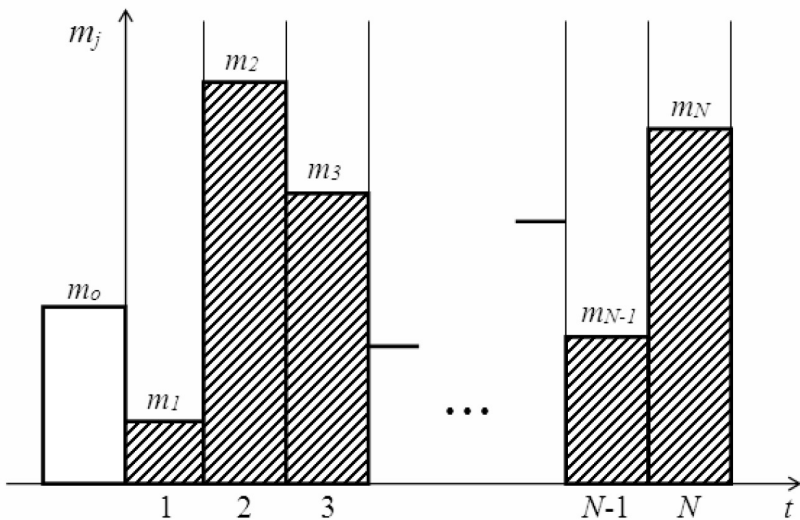


Рис. 1. Плановые задания  $m_j$  по перевозке объектов в  $j$ -й период времени

$$g_j(x_j - m_j) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_j = m_j; \\ b_j(x_j - m_j)^2, & \text{если } x_j > m_j \end{cases} \quad (3)$$

где  $b_j > 0, j = \overline{1, N}$  – стоимость хранения единицы объекта.

Кроме затрат, связанных с хранением объектов (3), необходимо учитывать затраты на изменение мощностей предприятия [8, 9], которые вызваны тем, что  $x_j \neq x_{j+1}$  при переходе от  $(j + 1)$ -го периода планирования к  $j$ -му периоду. Введем функцию  $\varphi_j(x_j - x_{j+1})$  называемую функцией издержек сглаживания, которая характеризует затраты дополнительных средств [10] по введению в процессы перевозок новых мощностей:

$$\varphi_j(x_j - x_{j+1}) = \begin{cases} 0, \text{ если } x_j = x_{j+1} \text{ (мощности предприятия} \\ \text{не меняются),} \\ 0, \text{ если } x_j < x_{j+1} \text{ (затраты на уменьшение} \\ \text{мощностей предприятия равны нулю),} \\ a_j(x_j - x_{j+1})^2, \text{ если } x_j > x_{j+1} \text{ (затраты, связанные с} \\ \text{увеличением мощностей предприятия),} \end{cases} \quad (4)$$

где  $a_j > 0, j = \overline{1, N}$  – стоимость ввода единицы новых мощностей предприятия.

Математическая модель многошагового процесса принятия решения по количеству объектов, перевозимых в каждый период планирования  $x_j^*, j = \overline{1, N}$ , которые минимизируют суммарные затраты всего процесса перевозок, имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} F_N(x_0) &= \min_{\substack{(x_1, \dots, x_N) \\ x_j \geq m_j \\ j=1, N}} \left\{ \sum_{i=1}^N q_i(x_j - m_j) + \varphi_j(x_j - x_{j+1}) \right\} = \\ &= \max_{\substack{(x_1, \dots, x_N) \\ x_j \geq m_j \\ j=1, N}} \left\{ \sum_{i=1}^N q_i(x_j - x_{j+1})^2 + B_j(x_j - m_j)^2 \right\}, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $x_j = 0, 1, 2, \dots$  – целые числа.

Решение сформулированной задачи может быть сведены к следующей системе одномерных задач оптимизации:

$$f_1(p_2) = \min_{x_1 \geq m_1} \{a_1(x_1 - p_2)^2 + B_1(x_1 - m_1)^2\}; \quad (6)$$

$x_1$  – целое число

$$f_k(p_k + 1) = \min_{x_k \geq m_k} \{a_k(x_k - p_{k+1})^2 + B_k(x_k - m_k)^2 + f_{k-1}(p_k)\}, \quad (7)$$

$$k = \overline{2, N}$$

**Частный случай алгоритма.** В частном случае, когда все  $m_j = 0, j = \overline{1, N}$  (плановые задания на перевозку объектов отсутствуют), решение системы функциональных уравнений (6) – (7) сводится к следующей последовательности действий:

1. Определяется параметр:

$$w_1 = a_1 b_1 / (a_1 + b_1). \quad (8)$$

2. По рекуррентному выражению вычисляется совокупность параметров:

$$w_k = (a_k b_k + a_k w_{k-1}) / (a_1 + b_1 + w_{k-1}), k = \overline{2, N}. \quad (9)$$

3. Вычисляется минимальное значение полных издержек процесса перевозок:

$$f_N(x_0) = f_N(p_{N+1}) = w_N x_0^2. \quad (10)$$

4. Определяется значение фактических перевозок объектов в  $N$ -й планируемый период:

$$x_N^* = \frac{a_N p_{N+1}}{a_N + b_N + w_{N-1}}. \quad (11)$$

5. По рекуррентному выражению вычисляются значения фактической перевозки объектов в каждом из планируемых периодов:

$$x_k^* = \frac{a_k x_{k+1}^*}{a_k + b_k + w_{k-1}}, k = \overline{N-1, 2}. \quad (12)$$

6. Определяется перевозка объектов на шаге с номером «1»:

$$x_1^* = a_1 x_2^* / (a_1 + b_1). \quad (13)$$

Решая последовательность одномерных задач оптимизации (6) – (7), получаем оптимальный план перевозки объектов  $(x_1^*, \dots, x_N^*)$ , компоненты которого «близки» к плановым заданиям  $(m_1, \dots, m_N)$  и «мало» отличаются друг от друга с точки зрения полных затрат, связанных с организацией процесса перевозок.

## Выводы

При рационализации ресурсов в системе перевозок можно использовать функцию затрат, а также математическую модель принятия решений. Кроме того, может потребоваться функция сглаживания. Если нет информации по плановым заданиям, может быть использован частный случай алгоритма.

**Информация о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Информация о спонсорстве.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

### *Список литературы*

1. Паневин Р.Ю., Преображенский Ю.П. Задачи оптимального управления многостадийными технологическими процессами // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 77-80.
2. Преображенский Ю.П. Информационные технологии, используемые в сфере менеджмента // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 2 (25). С. 43-46.
3. Ермолова В.В., Преображенский Ю.П. Методика построения семантической объектной модели // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 87-90.
4. Преображенский Ю.П., Коновалов В.М. Анализ подходов к формированию рекомендательных систем // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 88-90.
5. Преображенский Ю.П., Коновалов В.М. О методах создания рекомендательных систем // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 75-79.
6. Берман Н.Д., Белов А.М. Общественный транспорт и инновации // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 2. С. 7-13.
7. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Особенности моделирования логистических систем // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. С. 27-31.
8. Сапожникова С.М. Корпоративное управление в железнодорожном транспорте // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. С. 19-42.
9. Лысанов Д.М., Бикмухаметова Л.Т. Анализ показателей качества и конкурентоспособности оборудования // International Journal of Advanced Studies. 2018. Т. 8. № 4-2. С. 50-55.
10. Преображенский Ю.П. Построение складской структуры предприятия // Молодежь и системная модернизация страны Сборник научных статей 3-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 4-х томах. Отв-й ред. А.А. Горохов. 2018. С. 286-290.

### *References*

1. Panevin R. Yu., Preobrazhenskij Yu. P. Zadachi optimal'nogo upravleniya mnogostadijnymi tekhnologicheskimi processami // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2010. № 6. S. 77-80.

2. Preobrazhenskij Yu.P. Informacionnye tekhnologii, ispol'zuemye v sfere menedzhmenta // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2018. № 2 (25). S. 43-46.
3. Ermolova V.V., Preobrazhenskij Yu.P. Metodika postroeniya semanticheskoy ob'ektnoj modeli // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2012. № 9. S. 87-90.
4. Preobrazhenskij Yu.P., Konovalov V.M. Analiz podhodov k formirovaniyu rekomendatel'nyh sistem // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2019. № 4 (31). S. 88-90.
5. Preobrazhenskij YU.P., Konovalov V.M. O metodah sozdaniya rekomendatel'nyh sistem // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2019. № 4 (31). S. 75-79.
6. Berman N.D., Belov A.M. Obshchestvennyj transport i innovacii // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 2. S. 7-13.
7. Shakirov A.A., Zaripova R.S. Osobennosti modelirovaniya logisticheskikh sistem // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. S. 27-31.
8. Sapozhnikova S.M. Korporativnoe upravlenie v zheleznodorozhnom transporte // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 4. S. 19-42.
9. Lysanov D.M., Bikmuhametova L.T. Analiz pokazatelej kachestva i konkurentosposobnosti oborudovaniya // International Journal of Advanced Studies. 2018. Т. 8. № 4-2. S. 50-55.
10. Preobrazhenskij Yu.P. Postroenie skladskoj struktury predpriyatiya // Molodezh' i sistemnaya modernizaciya strany Sbornik nauchnyh statej 3-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov i molodyh uchenyh. V 4-h tomah. Otvetstvennyj redaktor A.A. Gorohov. 2018. S. 286-290.

### **ДАнные ОБ АВТОРАХ**

**Львович Яков Евсеевич**, профессор, доктор технических наук,  
профессор

*Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования Воронежский государственный  
технический университет*

*ул. 20 лет Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия*

*Kotkovvvt@yandex.ru*

**Преображенский Андрей Петрович**, профессор, доктор технических наук, доцент

*Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий  
ул. Ленина, 73а, Воронеж, 394043, Россия  
Komkovvivi@yandex.ru*

**Чопоров Олег Николаевич**, профессор, доктор технических наук, профессор

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный технический университет  
ул. 20 лет Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия  
Komkovvivi@yandex.ru*

#### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Lvovich Yakov Yevseevich**, Professor, doctor of technical Sciences, Professor

*Voronezh State Technical University  
84, 20 years of October Str., Voronezh, 394006, Russia  
Komkovvivi@yandex.ru  
ORCID: 0000-0002-7051-3763*

**Preobrazhenskiy Andrey Petrovich**, professor, doctor of technical sciences, associate professor

*Voronezh Institute of High Technologies  
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russia  
Komkovvivi@yandex.ru  
ORCID: 0000-0002-6911-8053*

**Choporov Oleg Nikolaevich**, Professor, doctor of technical Sciences, Professor

*Voronezh state technical University  
84, 20 years of October Str., Voronezh, 394006, Russia  
Komkovvivi@yandex.ru  
ORCID: 0000-0002-3176-499X*