

## Транспорт

УДК 656.073.9

DOI: 10.30987/1999-8775-2021-11-60-65

В.А. Клименко, М.Ю. Карелина

### РЕШЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрен процесс оптимизации транспортно-логистической системы на различных участках работы. Определены наиболее оптимальные и точные способы решения данной задачи.

Решение поставленной задачи позволит стимулировать экономику страны при увеличении объемов годовых перевозок грузов, так как этот показатель является одним из ключевых дорожно-транспортного комплекса нашей страны.

Определены основные критерии решения многокритериальной задачи при оптимизации планирования, организации и управления терминально-складскими комплексами работы.

**Ключевые слова:** транспортно-логистический комплекс, перевозки, терминально-складское обслуживание, оптимизация.

V.A. Klimenko, M.Yu. Karelina

### SOLVING THE MULTI-CRITERIA TASK OF DETERMINING THE CRITERIA FOR THE EFFECTIVENESS OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM

Work objective. The article considers the process of optimizing transport and logistics system in various areas of work and represents the task of solving a complex multi-criteria system. Determining the most optimal and accurate way to solve this problem will lead to a significant stimulation of the management processes of transport and logistics complexes, in particular trucking.

Research methods. The research was carried out by analyzing the solution of multi-criteria mathematical problems.

Novelty of the work. The novelty of the work is due to the need to solve the main problems of optimizing the operation of the transport and logistics system. The solution of this task will stimulate the country's

economy by increasing the volume of annual shipping goods, as this indicator is one of the key road transport complex of our country.

Research results and novelty. According to the results of the study, the main ways of solving the problem of optimizing the transport and logistics system are determined.

Conclusions: The main criteria for solving a multi-criteria task in optimizing the planning, organization and management of terminal and warehouse complexes of work are determined.

**Key words:** transport and logistics complex, transportation, terminal and warehouse service, optimization.

#### Введение

При оценке эффективности различных участков транспортной логистической системы, определении задач прогнозирования и оптимизации процесса перемещения груза, критерии оценки эффективности могут различаться как для отдельных участков транспортной логистической системы, так и для системы участков при изменении состояния внешней среды. Если рассматривать транспортную логистиче-

скую систему как управляемую динамическую систему, то критериями эффективности будут являться дискретные показатели состояния во времени параметров терминально-складского обслуживания и грузовых автомобильных перевозок. Можно считать, что бесконечное множество всех возможных состояний транспортной логистической системы определяется пространством состояний динамической си-

стемы, а смена этих состояний происходит в терминально-складском комплексе в отдельные моменты времени [1-3]. Практическое применение предлагаемого математического аппарата позволит существенно

### Материал и методы

С помощью большинства существующих в настоящее время методов решения многокритериальной задачи определения управляющих решений в транспортной логистической системе, как динамической системы, невозможно точно определить единственное решение задачи. Следовательно, главную роль в решении задачи играет лицо принимающее решение, подбирая тип решающей процедуры и назначает ее параметр, определяя необходимый показатель среди многоэлементного множества решений. Применение цифровой объектно-ориентированной модели управления функционирования транспортно-складского комплекса в транспортной логистической системе не является целесообразным [4].

$$D_Q = \left\{ \left( \bar{Q} \mid \bar{Q} = (Q_1(\bar{x}), Q_2(\bar{x}), \dots, Q_4(\bar{x})) \right); \text{ где } \bar{x} \in D \right\}, \quad (2)$$

где  $D_Q$  – элементы множества оценок. Характеризуются отдельными решениями относительно каждого параметра терми-

### Теория

Наиболее распространенным способом решения задачи оптимизации сложной системы путем нахождения компромисса является разделение сложной многокритериальной задачи на несколько простых однокритериальных [7-8].

$$K(\bar{x}) = c_1 Q_1(\bar{x}) + c_2 Q_2(\bar{x}) + \dots + c_l Q_l(\bar{x}) \rightarrow \max, \quad (3)$$

где,  $c$  – коэффициент, устанавливаемый лицом, принимающим решение.

Обычно считается, что лицо принимающее решение и фиксирующее компромисс принимает решение согласно ограничениям:

$$c_i \in (1,0), \text{ где } i = \overline{1, l},$$

то есть  $c_1 + c_2 + \dots + c_l = 1$

Другой типовой схемой решения компромисса является лексикографическое упорядочение критериев,

улучшить качество и эффективность управления парка подвижного состава и, как следствие, значительно простимулировать развитие экономики Российской Федерации.

В настоящее время имеется огромное множество схем решения многокритериальной задачи оптимизации сложного технологического процесса путем нахождения компромисса между основными критериями. Например:

$$\max_{\bar{x} \in D} = (Q_1(\bar{x}), Q_2(\bar{x}), \dots, Q_4) \quad (1)$$

где  $Q_{1-4}(\bar{x})$  – количественная оценка критериев.

Исходя из этого можно сделать вывод о существовании функции в векторном виде:

$$\bar{Q}(\bar{x}) = (Q_1(\bar{x}), Q_2(\bar{x}), \dots, Q_4(\bar{x})).$$

Функция отображает область допустимых решений  $D$  во всем множестве  $D_Q$  пространстве возможных критериев:

нально-складского обслуживания и грузовых автомобильных перевозок [5-6].

Первым способом является применение линейной свертки критериев, при которой происходит замена сложной многокритериальной задачи (1) однокритериальной:

предусматривающая то, что последовательность указания критериев несомненно важна [9]. Она предполагает такое расположение критериев, при котором каждый последующий показатель менее важен, чем предыдущий. В таком случае последовательность решений реализуется следующим образом:

$$\max_{x \in D_1} = Q_1(x) \quad (4)$$

$D_1$  – множество рациональных решений задачи (4), соответственно, как и задачи (1) (по принципу лексикографического упорядочения критериев) при условии, что является одноэлементным множеством.

Если  $D_1$  не удовлетворяет требуемым условиям, то решаем далее задачу:

$$\max_{x \in D_2} = Q_2(x) \quad (5)$$

$D_2$  – множество рациональных решений задачи (5), соответственно, как и задачи (1) (по принципу лексикографического упорядочения критериев) при условии, что является одноэлементным множеством. В случае, если при решении однокритериальной задачи оба раза не было найдено удовлетворяющего решения, приходится решать задачу максимизации значения критерия  $Q_2(x)$  при условии, что  $x \in D_2$ , и т.д.

При нахождении решения многокритериальной задачи методом лексикографического упорядочения критериев, число, равное максимальному числу последовательно решаемых однокритериальных задач ( $l$ ) показывает, насколько вероятно решение системы будет являться верным. В случае, если решение найдено за наименьшее количество этапов  $l$ , то такое решение единственное [10].

Методом главного критерия можно назвать такую систему оптимизации многокритериальной системы, при которой происходит оптимизация наиболее важного, по мнению лица принимающего решение, критерия при

## Результаты

Таким образом все вышеперечисленные подходы возможно использовать для образования составного критерия. При использовании данных способов существует один нежелательный эффект, характеризующийся тем, что в результате нахождения решения недостаток одного критерия работы системы управления грузовых автомобильных перевозок компенсируется за счет

условии, что остальные критерии не будут превышать установленные для них критические значения [11-12]. В таком случае используем нумерацию, при которой  $Q_1(\vec{x})$  является наиболее важным критерием оценки эффективности и решение задачи (1) сводится к решению однокритериальной задачи:

$$\max_{x \in D} = Q_1(x), \quad (6)$$

при наличии дополнительных условий:

$$Q_k(\vec{x}) \geq h_k, k = 2, 3, \dots, l \quad (7)$$

где  $h_2, h_3, \dots$  – пороговые значения для второго, третьего и  $l$ -го критерия.

Помимо вышеперечисленных способов оптимизации решения многокритериальной задачи путем нахождения компромисса существуют и следующие способы:

1. Метод последовательных уступок, основанный на значении ведущего критерия;

2. Метод идеальной точки (заключается в нахождении на границе критерия Парето точки, близкой к точке утопии);

3. Другие методы, основанные на принципе сведения сложной многокритериальной задачи к простой однокритериальной, когда максимизируют сумму и (или) произведение критериев, а также дробления при необходимости максимизации одних показателей и минимизации других [13].

Таким образом, если рассматривать два критерия в паре, то максимизируя их сумму мы получим одно значение большое и другое маленькое, что будет удовлетворять условия решения системы, но не будет удовлетворять условия работы транспортной логистической системы (такое решение нельзя назвать объективным).

## Выводы

Неприемлемость и неэффективность решения системы оптимизации работы терминально-складского обслуживания и грузовых автомобильных перевозок вышеописанными способами объяснима:

1. При решении многокритериальной задачи данными способами, критерии наполняются практическим содержанием, перестают быть абстрактными числами. Решение будет иметь смысл только в том случае, если значения критериев многокритериальной задачи однотипны, принадлежать одной шкале и измеряются в тех же условных единицах;

2. Особую роль принятия решений в вышеописанных способах решения многокритериальной задачи имеет лицо принимающее решение. Именно лицо принимающее решение определяет важность критериев и их параметры. При решении задачи лицо принимающее решение опирается на опыт, знания и интуицию, что позволя-

ет компенсировать часть недостатка информации, что значительно усложняет процесс принятия решения и увеличивает долю субъективизма;

3. Важной особенностью является то, что при получении информации для решения прикладных задач о работе транспортной логистической системы, большая ее часть является неполной и (или) неточной и носит исключительно неопределенный характер.

4. Предлагаемый математический аппарат применим ко всем паркам подвижного состава, занимающим все сферы деятельности Российской Федерации. Введение данного метода определения наиболее важных критериев управления системой позволит значительно улучшить качество управления и принятия решений, что в значительной степени простимулирует развитие автодорожной отрасли и экономики страны в целом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капустин, А. А. Автомобильно-дорожный транспорт, опасный этап развития / А. А. Капустин // 74-я конференция МАДИ (ТУ): сб. науч. тр. / Московский государственный автомобильно-дорожный университет; под ред. В.В. Виноградова, – Москва, 2016. С. 224–228.
2. Терентьев, А. В. Научно-методический подход к многокритериальной оценке срока эксплуатации автомобиля: специальность 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта»: дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук / Алексей Вячеславович Терентьев; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. - Санкт-Петербург, 2018. – 289 с. – Библиогр.: С. 242-284.
3. Демин, В. А. Методология планирования, организации и управления терминально-складскими комплексами в транспортно-логистических системах: специальность 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта»: дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук / Василий Александрович Демин; Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет. - Москва, 2019. – 306 с. – Библиогр.: с. 262-294.
4. Терентьев, А.В. Организационные формы технического обслуживания и ремонта автомобилей за рубежом / А. В. Терентьев, Т. К. Екшикеев // Проблемы теории и практики автомобильного транспорта: сб. науч.-практ. тр. / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; под ред. В. А. Теремощина. – Санкт-Петербург, 2009. – С. 75–78.
5. Карелина, М. Ю. Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств / М. Ю. Карелина, И.В. Арифуллин, А.В. Терентьев// Вестник МАДИ. – 2018. – № 1 (52). – С. 3–9.
6. Коган, Д. И. Концепции и алгоритмы решения многокритериальных модификаций задачи о назначениях /Д. И. Коган, Ю. С. Федосенко, Д. А. Хандурин //Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2017. – № 53. – С. 25–36.
7. Самойлова, М. П. Международная научная конференция "XLI Добролюбовские чтения "Экология культуры - экология нравственности" / М. П. Самойлова // Вестник Нижегородского государственного лингвистического университета им. Н.А. Добролюбова. – 2017. – № 37. – С. 170 – 174. – Библиогр.: с. 173 – 174 (12 назв.).
8. Коган, Д. И. Динамическое программирование и дискретная многокритериальная оптимизация: учебное пособие / Д. И. Коган. – Нижний Новгород: ННГУ, 2004. – 260 с. – ISBN: 5-85746-801-9
9. Гадолина, И. В. Экспериментально-расчетный метод оценки долговечности узлов машин при многоцикловом нагружении / И. В. Гадолина, М. Ю. Карелина, И. М. Петрова // Автоматизи-

- рованное проектирование в машиностроении. – 2013. – № 1. – С. 14-18.
10. **Черепанов Л. А.** Стенды для испытания амортизаторов подвески легковых автомобилей и для определения моментов инерции: модели автомобилей / Л. А. Черепанов, Н. С. Соломатин, М. А. Литошин, Е. Н. Кучин // Транспортные системы. – 2017. – № 1(4). – С. 22-26. DOI: 10.46960/62045\_2017\_1\_22.
  11. **Гриб В. В.** Разработка алгоритма прогнозирования и мониторинга ресурса механических систем / В. В. Гриб, М. Ю. Карелина, И. М. Петрова, М. А. Филимонов // Современные проблемы теории машин. – 2013. – № 1. – С. 77-79.
  12. **Батищев, Д. И.** Вопросы синтеза совокупной эффективности оценок в многокритериальной задаче о ранце / Д. И. Батищев, Д. И. Коган, М. В. Лейкин // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2002. – № 1. – С. 211–223.
  13. **Klyuev, S. V.** Optimal designing of the rod structure / S. V. Klyuev, A. V. Klyuev, N. I. Petrov [et al.] // International Journal of Engineering Research and Technology. – 2020. – Vol. 13. – No 11. – P. 3757-3760.
  14. **Цгоев, Т. Ф.** Влияние состояния автотранспортной инфраструктуры на экологию города Владикавказ / Т. Ф. Цгоев, В. Б. Амбалов // Евразийский союз ученых. – 2020. – № 8–5 (77). – С. 39 – 44. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.77.991.
1. **Kapustin, A.A.**, Road transport; a dangerous stage of development. Collection of works of the 74th conference of MADI (TU), Moscow State Automobile and Road University; edited by V.V. Vinogradov, Moscow, 2016, pp. 224-228.
  2. **Terentyev, A.V.** Scientific and methodological approach to the multi-criteria car's service life evaluation: specialty 05.22.10 - "Motor transport operation": dis. for the degree of Doctor of Technical Sciences / Alexey Vyacheslavovich Terentyev; St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, 2018, 289 p, Bibliogr.: pp. 242-284.
  3. **Demin, V. A.** Methodology of planning, organization and management of terminal and warehouse complexes in transport and logistics systems: specialty 05.22.10 - "Motor transport operation": dis. for the degree of Doctor of Technical Sciences / Vasily Alexandrovich Demin; Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University, Moscow, 2019, 306 p, Bibliogr.: pp. 262-294.
  4. Terentyev, A.V. Organizational forms of maintenance and repair of cars abroad / A.V. Terentyev, T. K. Ekshikeev // Problems of theory and practice of motor transport: collection of scientific and practical works / St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; edited by V. A. Teremoshnin, St. Petersburg, 2009, pp. 75-78.
  5. Karelina, M. Yu. Analytical determination of weight coefficients in multi-criteria evaluation of the effectiveness of motor vehicles / M. Yu. Karelina, I.V. Arifullin, A.V. Terentyev// Bulletin of MADI, 2018, no. 1 (52), pp. 3-9.
  6. Kogan, D. I. Concepts and algorithms for solving multicriteria modifications of the assignment problem /D. I. Kogan, Yu. S. Fedosenko, D. A. Khandurin //Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport, 2017, no. 53, pp. 25-36.
  7. Samoylova, M. P. International scientific conference "XLI Dobrolyubov readings "Ecology of culture - ecology of morality" / M. P. Samoylova // Bulletin of the Nizhny Novgorod State Linguistic University named after N.A. Dobrolyubov, 2017, no. 37, pp. 170 - 174. - Bibliogr.: pp. 173 - 174 (12 titles).
  8. Kogan, D. I. Dynamic programming and discrete multicriteria optimization: a textbook / D. I. Kogan. - Nizhny Novgorod: UNN, 2004, 260 p, ISBN: 5-85746-801-9
  9. Gadolina, I. S. The experimental and computational method is obvious for the durability of machines of nodes under multi-cycle loading / S. Gadolina, M. Yu. Karelina, I.M. Petrova. Computer-aided design in mechanical engineering, 2013, no. 1, pp. 14-18.
  10. Cherepanov L. A. Stands for testing suspension shock absorbers of passenger cars and for determining moments of inertia: car models / L. A. Cherepanov, N. S. Solomatin, M. A. Litoshin, E. N. Kuchin. Transport systems, 2017, no. 1(4),pp. 22-26, DOI: 10.46960/62045\_2017\_1\_22.
  11. Grib V. V. Development of an algorithm for forecasting and monitoring the resource of mechanical systems / V. V. Grib, M. Yu. Karelina, I. M. Petrova, M. A. Filimonov. Modern problems of the theory of machines, 2013, no. 1,- pp. 77-79.
  12. Batishchev, D. I. Issues of synthesis of cumulative efficiency of estimates in the multicriteria problem of a haversack/ D. I. Batishchev, D. I. Kogan, M. V. Leikin. Bulletin of the Nizhny Novgorod University named after N. I. Lobachevsky, 2002, no. 1, pp. 211-223.
  13. **Klyuev, S. V.** Optimal designing of the rod structure / S. V. Klyuev, A. V. Klyuev, N. I. Petrov [et al.] // International Journal of Engineering Research and Technology, 2020, Vol. 13, no 11. – P. 3757-3760.
  14. **Tsgoev, T. F.** The influence of the state of road transport infrastructure on the ecology of the city of Vladikavkaz / T. F. Tsogoev, V. B. Ambalov // Eurasian Union of Scientists, 2020, no. 8-5 (77), pp. 39-44. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.77.991

Ссылка для цитирования:

Клименко, В.А. Решение многокритериальной задачи определения критериев эффективности транспортно-логистической системы / В.А. Клименко, М.Ю. Карелина // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. – № 11. – С. 4 - 9. DOI: 10.30987/1999-8775-2021-11-60-65.

Статья поступила в редакцию 06.10.21.

Рецензент: к.т.н., доцент Брянского государственного технического университета

Антипин Д.Я.,

член редсовета журнала «Вестник БГТУ».

Статья принята к публикации 27.10.21.

#### Сведения об авторах:

**Клименко Виктор Александрович**, директор центра автомобильно-дорожного инжиниринга (ЦАДИ) Московского автомобильно-дорожного государственного университета (МАДИ), тел. 8 (905) 564-73-73, e-mail: klimenko@siberia.design.

**Klimenko Viktor Aleksandrovich**, Director of the Center for Automobile and Road Engineering (TSADI) of Moscow Automobile and Road State University (MADI), tel. 8 (905) 564-73-73, e-mail: klimenko@siberia.design.

**Карелина Мария Юрьевна**, д.т.н., д. пед. н., зав. кафедрой «Детали машин и теория механизмов» Московского автомобильно-дорожного государственного университета (МАДИ), тел.: 8 (985) 776-23-63, e-mail: karelinamu@mail.ru.

**Karelina Maria Yuryevna**, Doctor of Technical Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences, Head of the Department "Machine Parts and Theory of Mechanisms" of Moscow Automobile and Road State University (MADI), tel.: 8 (985) 776-23-63, e-mail: karelinamu@mail.ru.