УДК 656.13:338.47; 656.13:658

© А. В. Терентьев, канд. техн. наук, доцент
 © Д. Б. Ефименко, д-р техн. наук, профессор
 © М. Ю. Карелина, д-р техн. наук, профессор
 (Московский автомобильно-дорожный
 государственный технический университет (МАДИ))
 E-mail: terentich1@rambler.ru, fdmadi@mail.ru, karelinamu@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-6-291-294

© A. V. Terent'ev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
 © D. B. Efimenko, Dr. Sci. Tech., Professor
 © M. Yu. Karelina, Dr. Sci. Tech., Professor
 (Moscow Automobile and Road Construction State
 Technical University (MADI))
 E-mail: terentich1@rambler.ru, fdmadi@mail.ru, karelinamu@mail.ru

МЕТОДЫ РАЙОНИРОВАНИЯ КАК МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

METHODS OF ZONING AS METHODS OF MOTOR TRANSPORT PROCESSES` OPTIMIZATION

Излагается подход к решению многокритериальных автотранспортных задач, в основе которого лежит метод районирования по принципу соблюдения иерархического соотношения вероятностей возможных состояний внешней среды.

Ключевые слова: метод районирования, автомобиль, оптимизация, метод принятия решения, многокритериальная задача, эффективность управления.

The article presents an approach to solving the multi-criteria motor transportation tasks based on the zoning method, which implies observing the hierarchical ratio of probabilities of external environment's possible condition.

Keywords: zoning method, car, optimization, decision-making method, multi-criteria task, management efficiency.

При планировании и контроле процессов эксплуатации автомобилей нередко возникает необходимость принимать решение не по одному, а сразу по нескольким показателям эффективности. Это многокритериальные задачи. Выработка количественных рекомендаций в многокритериальных ситуациях связана со значительными трудностями, которые носят объективный характер. Однако уровень современных практических автотранспортных (и других отраслей) задач требует принимать решения в условиях многокритериальности. Более того, однокритериальные ситуации в большинстве случаев искусственно получают из многокритериальных. В связи с этим в настоящее время интенсивно ведется разработка методов векторной оптимизации, направленных на поиск оптимальных или целесообразных решений многокритериальных задач [1–6, 11–13]. В работах [6–10] излагается подход к решению многокритериальных автотранспортных задач, в основе которого лежит метод районирования по принципу соблюдения иерархического соотношения вероятностей воз-

можных состояний внешней среды. Кратко приведем его основные положения и пример с заданными исходными данными.

Любая задача оптимизации принимаемого решения характеризуется тремя основными понятиями: множеством возможных решений m ; множеством видов состояния среды n и соответствующими им эффективности решений a_{ij} . Матрица эффективностей различных действий при различных состояниях среды имеет вид:

$$a_{ij} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & & & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}.$$

Приведем матрицу исходных данных:

$$A = \begin{pmatrix} 0,20 & 0,24 & 0,22 \\ 0,76 & 0,18 & 0,34 \\ 0,18 & 0,80 & 0,26 \\ 0,84 & 0,02 & 0,46 \end{pmatrix}.$$

Сформулируем основные положения метода районирования по принципу соблюдения иерар-

хического соотношения вероятностей возможных состояний внешней среды:

1. Районирование производится не по принципу доминирования отдельных действий, а по принципу сохранения заданного иерархического соотношения возможных состояний среды.

2. При переходе от многокритериальной задачи к задачам теории «игр с природой» вероятности состояний природы (среды) p_j по смыслу адекватны коэффициентам относительной важности критериев c_j , т. е. $p_j \equiv c_j$.

Согласно пункту 1 распределение коэффициентов относительной важности критериев эффективности подчинено ограничениям

$$0 \leq A_j \leq 1, j = \overline{1, n}, \sum_{j=1}^n A_j = 1. \quad (1)$$

Значения коэффициентов c_i не уточняются. Однако чаще всего, в зависимости от характера поставленной задачи, имеются основания для расположения этих коэффициентов в последовательности, при которой выполняются условия типа

$$c_1 \geq c_2 \geq \dots \geq c_i \geq \dots \geq c_{m-1} \geq c_m. \quad (2)$$

Общее количество последовательностей такого типа для распределений системы определяется количеством перестановок $P_m = m!$ При $m = 3$ поле распределений коэффициентов относительной важности вырождается в прямоугольный треугольник с единичными катетами. Алгоритм метода районирования по принципу соблюдения иерархического соотношения вероятностей возможных состояний внешней среды для выбора оптимального варианта искомого решения реализуется следующим образом:

1. Относительные важности показателей c_j упорядочиваются в виде последовательности (2).

2. Для каждого сравниваемого варианта i решается задача линейного программирования:

$$\begin{cases} D_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} A_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n A_j = 1, 0 \leq A_j \leq 1, A_j \geq A_{j+1}, i = \overline{1, n-1}. \end{cases}$$

Аналитическое решение:

$$A_j = \begin{cases} \frac{1}{k}, & \text{если } j \leq k, \\ 0, & \text{если } j > k \end{cases}, \quad (3)$$

где индекс k определяется из условия $a_{kj} = \max_j a_{ij}$.

Принципиальным отличием разработанного метода является отсутствие формализованной связи между коэффициентами относительной важности по отдельным критериям. Представим графическое решение примера при $n = 3$ в сравнении с методом районирования по принципу доминирования отдельных действий [7]. Поле распределений коэффициентов относительной важности вырождается в прямоугольный треугольник с единичными катетами (рис. 1).

Анализируя методы районирования, нетрудно убедиться в том, что область всех возможных решений (при $n = 3$) по каждому варианту решения является плоскостью, а пересечение плоскостей эффективности по каждому решению проецируется в линии разграничения областей доминирования решений на поле распределений коэффициентов относительной важности (рис. 2). Особенностью применения метода районирования по принципу сохранения заданного иерархического соотношения возможных состояний внешней среды (задача линейного программирования решается на $\max$) является получение решения **при максимальном доминировании критерия установленного приоритетом** (2).

Для рассматриваемого примера матрица коэффициентов относительной важности принимает вид:

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,5 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Отметим, что в практике деятельности АТП в зависимости от характера производимых работ, вида перевозимого груза и т. д., как правило, существует не только обязательный приоритет нескольких критериев, но и необходимость получать дифференцируемые значения коэффициентов относительной важности по заданному уровню эффективности. Например, когда необходимо реализовать ряд мероприятий одновременно, каждое из которых определяется комплексом собственных показателей и при этом требуется оптимальное распределение ресурсов (персонал, производственные мощности, финансы и т. д.) на их реализацию. В этом случае требуется получить более сбалансированные значения коэффициентов относительной важности в со-

Рис. 1. Графическое решение примера:
2, 3 и 4 — области вероятности наличия эффективности решения при применении метода районирования по принципу доминирования отдельных действий; 5 — область вероятностей эффективности при применении метода районирования по принципу сохранения заданного иерархического соотношения возможных состояний среды (для $n = 3$)

ответствии с целями общей стратегии исследуемой системы. Тогда доминирование решения (3) трансформируется введением значения степени доминирования критериев — λ .

$$c_j = \begin{cases} \frac{1}{k}, & \text{если } j = k \\ \frac{\lambda}{k}, & \text{если } j < k, \quad \text{где } \lambda = \frac{n-1}{n} \\ \frac{1-\lambda}{n-k}, & \text{если } j > k \end{cases}$$

Данная модернизация метода районирования по принципу сохранения заданного иерархического соотношения возможных состояний природы позволит определять значения коэффициентов относительной важности решений в многокритериальных задачах в соответствии с реальными условиями функционирования исследуемой системы.

Библиографический список

1. Евтюков С. А., Терентьев А. В., Гинзбург Г. Методология управления рациональным сроком службы автомобиля // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 1 (56). С. 3–10.

Рис. 2. Графическое решение примера:
 $d_{(4)\max} = 0,84$ и $d_{(2)\max} = 0,49$ — максимально возможные решения по четвертому и второму варианту действий соответственно; 0,42, 0,44 и 0,46 — частые случаи эффективности решений

2. Лобарев Д. С. Многокритериальная динамическая задача с экспертными оценками // Молодой ученый. 2010. № 11. Т. 1. С. 32–37.

3. Макарова И. Л. Анализ методов определения весовых коэффициентов в интегральном показателе общественного здоровья // Международный журнал «Символ науки». 2015. № 7.

4. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: пер. с нем. М.: Мир, 1990. 208 с.

5. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 360 с.

6. Таха Х. А. Введение в исследование операций: пер. с англ. 7-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 912 с.

7. Терентьев А. В. Развитие метода районирования // Материалы 4-й междунар. науч.-практ. конф. «Инновации на транспорте и в машиностроении». СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016. С. 127–130.

8. Методы определения весовых коэффициентов. <http://gigabaza.ru/doc/31750.html>

9. Терентьев А. В., Прудовский Б. Д. Investigation methods for «current repairs labour-intensiveness» factor for a vehicle // Life Science Journal. 2014. Т. 11. №10s. С. 307–310.

10. Терентьев А. В., Прудовский Б. Д. Методы определения множества Парето в некоторых задачах линейного программирования // Записки Горного института. Т. 211. СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. С. 89–90.

11. Терентьев А. В. Многокритериальный показатель качества автомобиля // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 1 (48). С. 201–204.

12. Тихомирова А. Н., Сидоренко Е. В. Модификация метода анализа иерархий Т. Саати для расчета весов критериев при оценке инновационных проектов // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2.

13. Хованов Н. В., Федотов Ю. В. Модели учета неопределенности при построении сводных показателей эффективности деятельности сложных производственных систем // Научные доклады № 28(R). 2006. СПб.: НИИ менеджмента СПбГУ, 2006. 37 с.

14. Пархоменко А. В., Пархоменко Л. В., Герасимов Б. И. Экономико-математические модели контроллинга на промышленном предприятии; под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. Б. И. Герасимова. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 96 с.

References

1. Evtyukov S. A., Terent'ev A. V., Ginzburg G. *Metodologiya upravleniya ratsional'nym srokom sluzhby avtomobilya* [Methodology of management of rational life cycle of the car]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin – The world of transport and technological machines*, 2017, no. 1 (56), pp. 3–10.

2. Lobaryov D. S. *Mnogokriterial'naya dinamicheskaya zadacha s ehkspertnymi otsenkami* [A multicriteria dynamic task with expert estimates]. *Molodoy uchenyy – Young scientist*, 2010, no. 11, vol. 1, pp. 32–37.

3. Makarova I. L. *Analiz metodov opredeleniya vesovykh koefitsientov v integral'nom pokazatele obshchestvennogo zdorov'ya* [Analysis of methods of assessing the weight coefficients in an integral indicator of public health]. *Mezhdunarodnyy zhurnal «Simvol nauki» – International magazine “Symbol of Science”*, 2015, no. 7.

4. Mushik Eh., Myuller P. *Metody prinyatiya tekhnicheskikh resheniy* [Methods of making technical solutions]. Transl. from German. Moscow, Mit Publ., 1990, 208 p.

5. Saati T. *Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: analiticheskie seti* [Decision-making at dependences and feedback: analytical networks]. Moscow, LIBROKOM Publ., 2009, 360 p.

6. Takha Kh. A. *Vvedenie v issledovanie operatsiy* [Introduction to the research of operations]. Transl. from English. 7-th iss. Moscow, Vil'yams Publ., 2005, 912 p.

7. Terent'ev A. V. *Razvitie metoda rayonirovaniya* [Development of a method of zoning]. *Trudy 4-y mezhdunar. nauch.-prakt.konf. «Innovatsii na transporte i v mashinostroenii»* [Proc. of the 4th. Int. sci.-pract. conf. “Innovations on transport and in mechanical engineering”]. St. Petersburg, Natsional'nyy mineral'no-syr'evoy universitet «Gornyy» Publ., 2016, pp. 127–130.

8. Available at: <http://gigabaza.ru/doc/31750.html>

9. Terent'ev A. V., Prudovskiy B. D. Investigation methods for «current repairs labour-intensiveness» factor for a vehicle. *Life Science Journal*, 2014, no. 11(10s), pp. 307–310.

10. Terent'ev A. V., Prudovskiy B. D. *Metody opredeleniya mnozhestva Pareto v nekotorykh zadachakh lineynogo programmirovaniya. Zapiski Gornogo instituta* [Methods of definition of the Pareto number in some problems of linear programming. Scientific Notes of the Mining Institute]. Vol. 211. St. Petersburg, Natsional'nyy mineral'no-syr'evoy universitet «Gornyy» Publ., 2015, pp. 89–90.

11. Terent'ev A. V. *Mnogokriterial'nyy pokazatel' kachestva avtomobilya* [Multi-criteria indicator of the vehicle quality]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2015, 1(48), pp. 201–204.

12. Tikhomirova A. N., Sidorenko E. V. *Modifikatsiya metoda analiza ierarkhiy T. Saati dlya rascheta vesov kriteriev pri otsenke innovatsionnykh proektov* [Modification of T. Saati's method of analyzing the hierarchies for calculation of criteria scales at assessment of innovation projects]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern problems of science and education*, 2012, no. 2.

13. Khovanov N. V., Fedotov Yu. V. *Modeli ucheta neopredelennosti pri postroenii svodnykh pokazateley ehffektivnosti deyatel'nosti slozhnykh proizvodstvennykh sistem* [Models of accounting the uncertainty at creation of summary activity efficiency indicators of complex production systems]. *Nauchnye doklady – Scientific Reports*, no. 28(R). SPbGU Publ., 2006, 37 p.

14. Parkhomenko A. V., Parkhomenko L. V., Gerasimov B. I. *Ehkonomiko-matematicheskie modeli kontrollinga na promyshlennom predpriyatii* [Economic-mathematical models of controlling at the industrial enterprise]. Ed. by Gerasimov B. I. Tambov, Tambov state Technical University Publ., 2005, 96 p.