

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 004.94

doi: 10.30987/2658-6436-2023-1-81-88

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА РАСЧЁТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Валерий Владимирович Меньших¹, Валерия Олеговна Морозова² ✉

^{1,2} Воронежский институт МВД России, г. Воронеж, Россия

¹ menshikh@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9235-4997>

² dudckolera@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2339-9515>

Аннотация. Целью исследования является моделирование процессов подготовки информации к решению задач аналитической работы, включающей определение состава показателей и массивов статистических данных. Задача, решению которой посвящена статья, заключается в разработке модели, алгоритма и программной реализации процесса определения состава показателей, на основе которых лицом, принимающим решение, осуществляется решение задачи аналитической работы и получаемых в результате выполнения определённых расчётных задач, а также массивов статистических данных, необходимых для решения указанных расчётных задач, представленных в требуемом масштабе. В настоящей статье используются следующие методы исследования: теория графов, аппарат сетей Петри, программная среда CPN Tools. Новизна работы заключается в том, что на основе формализации решаемой задачи разработаны модель и алгоритм, отличающиеся от существующих возможностью автоматизации с использованием программная среда CPN Tools процессов нахождения состава показателей и массивов статистических данных, необходимых для решения задач аналитической работы. Результаты исследования заключаются в описании разработанной модели и алгоритма решаемой задачи, а также численного примера, поясняющего возможность их использования с помощью программной среды CPN Tools. Выводы: разработанная модель и алгоритм могут быть использованы для автоматизации решения задач аналитической работы, предполагающих использование результатов решения расчётных задач на основе обработки статистических массивов.

Ключевые слова: аналитическая работа, расчётные задачи, состав показателей, массивы статистических данных, масштабирование данных

Для цитирования: Меньших В.В., Морозова В.О. Определение состава расчётных показателей и данных для решения задач аналитической работы // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2023. №1 (19). С. 81-88. doi: 10.30987/2658-6436-2023-1-81-88.

Original article

Open Access Article

DETERMINING THE COMPOSITION OF CALCULATED INDICATORS AND DATA FOR SOLVING THE PROBLEMS OF ANALYTICAL WORK

Valery V. Menshikh¹, Valeria O. Morozova² ✉

^{1,2} Voronezh Institute of the Ministry of Interior of Russia, Voronezh, Russia

¹ menshikh@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9235-4997>

² dudckolera@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2339-9515>

Abstract. The aim of the study is to model the processes of preparing information for solving problems of analytical work, including determining the composition of indicators and arrays of statistical data. The article is devoted to developing a model, an algorithm and software of determining the composition of indicators, on the basis of which the decision maker solves the problem of analytical work. The results obtained as a consequence of performing certain calculation tasks, as well as the arrays of statistical data required to solve the specified calculation problems are presented at scale. Such research methods as graph theory, Petri nets, CPN Tools software environment are used in the paper. The novelty of the work lies in the fact that, based on formalizing the problem being solved, a model and an algorithm are developed that differ from the existing ones by the possibility of automating using the CPN Tools software environment to find the composition of indicators and arrays of statistical data required to solve problems of analytical work. The results of the study consist in describing the developed model and algorithm of the problem being solved, as well as a numerical example explaining the possibility of their use applying the CPN Tools software environment. The

findings state that the developed model and algorithm can be used to automate solving the problems of analytical work, applying the results of solving computational problems based on processing statistical arrays.

Keywords: analytical work, calculation problems, composition of indicators, arrays of statistical data, data scaling

For citation: Menshikh V.V., Morozova V.O. Determining the composition of calculated indicators and data for solving the problems of analytical work. Automation and modeling in design and management, 2023, no. 1 (19). pp. 81-88. doi: 10.30987/2658-6436-2023-1-81-88.

Введение

В современных условиях повышение эффективности принятия управленческих решений в различных организациях осуществляется за счет усложнения процессов функционирования их систем управления, что обеспечивается, в частности, совершенствованием аналитической работы, базирующейся на анализе большого объема информации, осуществляемого с использованием средств вычислительной техники, позволяющих оперативно получать различные расчётные показатели, необходимые для принятия этих решений [1].

Особую актуальность эта задача приобретает для правоохранительных органов, деятельность которых направлена на своевременность принятия мер по предотвращению и ликвидации чрезвычайных обстоятельств, приводящих к значительным материальным потерям и иным последствиям [2, 3].

Аналитическая работа в правоохранительных органах представляет собой исследовательскую деятельность, направленную на выявление связей между происходящими событиями, тенденциями и закономерностями, необходимыми для обоснования принимаемых решений, оценки эффективности функционирования правоохранительных органов [2, 4].

Аналитическая работа сотрудников правоохранительных органов основывается на использовании оценок и прогнозирования значений количественных и/или качественных показателей [4 – 6], содержащихся в массивах данных правовой статистики и/или получаемых в результате решения ряда расчетных задач на основе данных правовой статистики. Правовая статистика представляет собой совокупность пространственно-временных массивов данных о населении, статистических данных о совершенных преступлениях и административных правонарушениях, а также иной информации, представляющей интерес для правоохранительных органов [5].

В связи с этим возникает необходимость нахождения состава указанных выше показателей и массивов данных правовой статистики, необходимых для решения расчетных задач для нахождения указанных показателей. Нахождение данных, необходимых для решения расчетных задач подразумевает нахождение начальной выборки и представления ее в зависимости от поставленной задачи в требуемом масштабе [7, 8]. Решению указанных задач и посвящена настоящая работа.

Формализация задачи

Аналитическая работа сотрудников правоохранительных органов включает в себя решение ряда неформализованных или слабо формализованных задач [9, 10] из множества $M = \{m_1, m_2, \dots, m_{|M|}\}$ на основе множества количественных и/или качественных показателей $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_{|Z|}\}$, получаемых в результате решения расчётных задач, осуществляемого с использованием данных правовой статистики [3, 5].

Обозначим множество всех данных правовой статистики X так, что каждое данное $x_{i,j,k} \in X$, используемое для задач аналитической работы из множества всех данных соответствует определенному временному промежутку w_i выбранного показателя правовой статистики p_j на определенных территориальных образованиях m_k .

Для решения задачи $m_s \in M$ требуется использование некоторых массивов данных правовой статистики из множества $\Lambda = \{I_1, I_2, \dots, I_{|\Lambda|}\}$ таких, что $I_t \subseteq X$, $t = 1, 2, \dots, |\Lambda|$.

В зависимости от решаемой расчетной задачи используется различный масштаб представления данных, т.е. их описание с разной степенью детализации:

- в качестве временных промежутков могут выступать день, неделя, месяц, квартал, год;

- в качестве показателей рассматриваемых преступлений различают виды или данные о различных категориях населения;

- в качестве территориальных образований рассматривается населенный пункт, район населенного пункта, сельская местность региона, городская местность региона, регион, страна в целом.

Обозначим $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{|S|}\}$ приведённые к различным возможным вариантам масштабов массивы данных из множества Λ .

Структурная модель процесса решения задач аналитической работы

Данная модель должна содержать информацию о составе элементов, участвующих в процессе решения задач аналитической работы и их взаимосвязи.

В процессе решения задач аналитической работы участвуют элементы всех перечисленных выше множеств. Обозначим $\Omega = M \cup P \cup S \cup \Lambda$.

Взаимосвязи этих элементов описываются бинарным отношением R – «служит исходной информацией». Следовательно, в качестве модели может быть использован ориентированный граф $G = (\Omega, E)$, каждая дуга $e \in E$ с началом в вершине $\omega_i \in \Omega$ и концом в вершине $\omega_j \in \Omega$ означает, что элемент $\omega_i \in \Omega$ служит исходной информацией для элемента $\omega_j \in \Omega$.

Отношение R является антирефлексивным, антисимметричным и не транзитивным и не антитранзитивным, т.е. отношением толерантности [11]. Следовательно, граф G является ориентированным ациклическим графом. Пример фрагмента данной модели приведён на рис. 1.

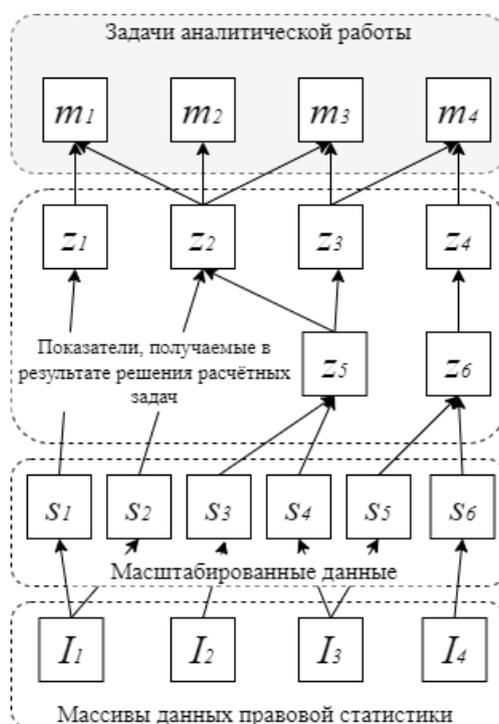


Рис. 1. Структурная модель процесса решения задач аналитической работы Fig. 1. Structural model of the process of solving analytical work problems

Для нахождения показателей и массивов данных правовой статистики, необходимых для решения заданной задачи аналитической работы $m_i \in M$ необходимо найти множества:

$Z^{m_i} \subseteq Z$ – показателей, являющихся результатами решения расчётных задач;

$S^{m_i} \subseteq S$ – масштабированных массивов данных правовой статистики;

$\Lambda^{m_i} \subseteq \Lambda$ – исходных массивов данных правовой статистики.

Заметим, что Λ^{m_i} соответствует множеству всех вершин $\omega_j \in \Omega$ графа G , являющимися истоками ($\deg^+ \omega_j = 0$), из которых достижима вершина m_i .

Например, для приведенного выше фрагмента модели для решения задачи аналитической работы m_2 искомые множества имеют вид $Z^{m_2} = \{z_2, z_5\}$, $S^{m_2} = \{s_2, s_3, s_4\}$, $\Lambda^{m_2} = \{I_1, I_2, I_3\}$. Эти множества содержат все элементы, соответствующие вершинам графа G , из которых достижима вершина m_2 .

Алгоритм нахождения показателей и информации для решения задач аналитической работы

Для разработки данного алгоритма используем математический аппарат теории сетей Петри [12]. Для этого осуществим преобразование графа G в сеть Петри:

$$C = (\Omega, T, I, O),$$

где $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{|\Omega|}\}$ – конечное множество позиций; $T = \{t_1, t_2, \dots, t_{|T|}\}$ – конечное множество переходов; I – расширенная входная функция; O – расширенная выходная функция.

Преобразование графа G в сеть Петри C осуществляется следующим образом: каждая часть графа, включающая одну вершину ω_i , являющуюся концом множества дуг, и все вершины $\omega_{j_1}, \omega_{j_2}, \dots, \omega_{j_s}$, являющиеся началами этих дуг преобразуются в фрагмент сети Петри с множеством позиций $\omega_i, \omega_{j_1}, \omega_{j_2}, \dots, \omega_{j_s}$ и одним переходом t так, как показано на рис. 2.

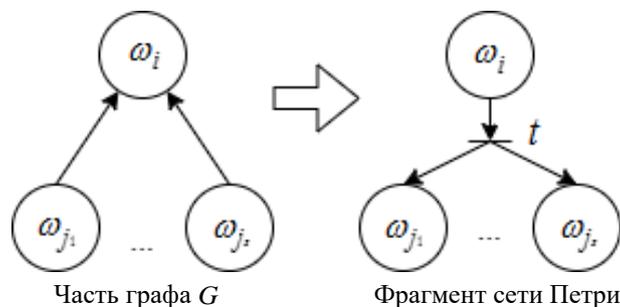


Рис. 2. Пример преобразования части графа в сеть Петри
 Fig. 2. An example of converting a part of a graph into a Petri net

Формально данное преобразование задаётся расширенными входной и выходной функциями данной сети.

Расширенная входная функция для этого фрагмента сети Петри определяется следующим образом:

$$I(t) = \omega_i; \quad I(\omega_{i_k}) = t, k = 1, \dots, s.$$

Последнее условие позволяет осуществлять возврат фишки во входную позицию x_i после срабатывания перехода t , что позволяет маркировать позиции, соответствующие элементам искомых множеств, а также исключать возможные конфликты при срабатывании переходов.

В свою очередь расширенная выходная функция для этого фрагмента сети Петри определяется следующим образом:

$$O(\omega_i) = t; \quad O(t) = \{\omega_{j_1}, \omega_{j_2}, \dots, \omega_{j_s}\}.$$

Вследствие того, что сеть Петри формируется по правилу $I(t) = \omega_i$ и $O(\omega_i) = t$, каждый переход имеет только одну входную позицию. Поэтому между активными переходами не могут возникать конфликты.

Графическое преобразование графа, изображённого на рис. 1, в сеть Петри представлено на рис. 3.

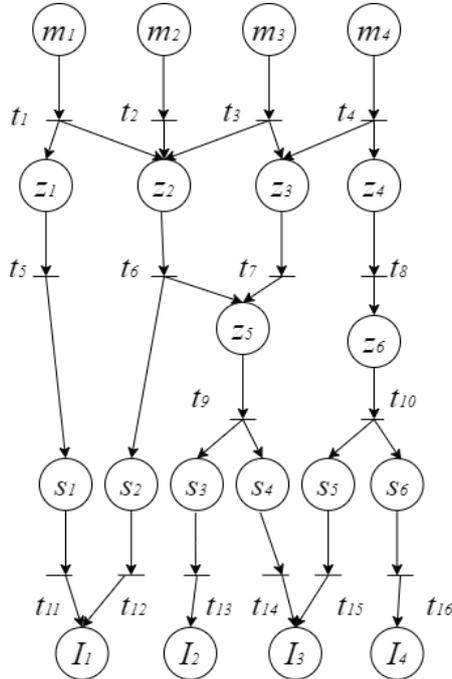


Рис. 3. Преобразование части графа в сеть Петри

Fig. 3. Transformation of a part of the graph into a Petri net

Рассмотрим подробнее работу сети Петри. Первоначально на входную позицию подаётся определенное количество фишек. Заметим, что срабатывание перехода состоит в изъятии фишек из каждой входной позиции и помещении их в каждую выходную позицию. Причем, количество фишек, изымаемых из конкретной позиции, или помещаемых в конкретную позицию равно количеству дуг, соединяющих срабатывающий переход с данной конкретной позицией. Таким образом, переход срабатывает, если количество фишек в каждой входной позиции перехода не меньше количества дуг, соединяющих эту позицию с переходом.

Рассмотрим подробнее алгоритм нахождения множеств расчётных показателей, показателей правой статистики в исходном и масштабированном виде для обеспечения решения заданной задачи аналитической работы m_i с использованием определённой выше сети Петри.

Шаг 1. Поместить фишку в позицию m_i , соответствующую задаче аналитической работы.

Шаг 2. Выполнить активный переход.

Шаг 3. Если имеются активные переходы, то перейти к шагу 2.

Шаг 4. Все помечавшиеся позиции, соответствующие элементам множества Z , представляют собой искомое множество показателей Z^{m_i} .

Все помечавшиеся позиции, соответствующие элементам множества S , представляют собой искомое множество показателей S^{m_i} .

Все помеченные позиции, соответствующие элементам множества Λ , представляют собой искомое множество показателей Λ^{m_i} .

Корректность алгоритма определяется тем, что каждый переход может быть выполнен только один раз. Указанное свойство является следствием того, что после выполнения пере-

хода из его единственной входной позиции удаляется фишка и он не может вновь стать активным.

Программная реализация алгоритма

Для решения описанной выше задачи в качестве программной среды выбран пакет CPN Tools, позволяющий работать с сетями Петри [13]. Графическое представление сети Петри, представленной на рис. 3 в данном пакете имеет вид, приведённый на рис. 4. Фишки расположены в позиции m_1 , соответствующей расчетной задаче аналитической работы, и перемещаются по сети в результате срабатывания переходов.

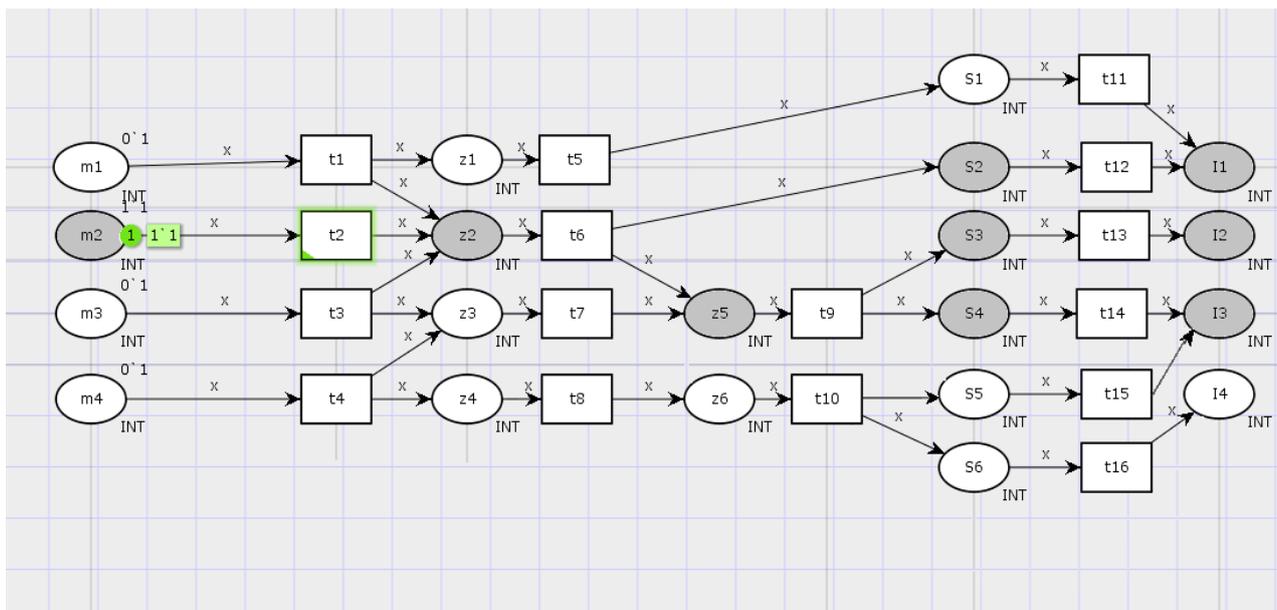


Рис. 4. Графическое представление сети Петри
 Fig. 4. Graphical representation of the Petri net

Рассмотрим подробнее работу сети Петри на примере решения расчетной задачи аналитической работы m_2 . Первоначально на входную позицию m_2 подается фишка и после срабатывания активного перехода t_2 попадает в позицию z_2 . Далее фишка после срабатывания активного перехода t_6 попадает в позиции s_2 (и далее в I_1) и z_5 . Затем при попадании в одной из указанных выше позиций z_5 фишка попадает в позиции s_3, s_4 (и далее в I_2, I_3) (см. рис. 4).

Таким образом, происходит нахождение состава указанных выше показателей и массивов данных правовой статистики, необходимых для решения расчетных задач для нахождения указанных показателей.

Заключение

Определение состава показателей и массивов данных правовой статистики необходимы организации аналитической работы и принятию управленческих решений в правоохранительных органах.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на использование данного состава показателей и массивов данных правовой статистики для нахождения актуальной выборки, с целью увеличения точности прогнозирования будущих значений и решения иных задач, стоящих перед сотрудниками правоохранительных органов.

Список источников:

1. Кузнецов И.Н. Информация: сбор, защита, анализ: учебник по информационно-аналитической работе. М.: ООО Изд. Юзуа, 2001. 318 с
2. Кононова А. М., Софьина Р.А. Информационно-аналитическое обеспечение оперативно-служебной деятельности органов внутренних дел: курс лекций. М.: ДГСК МВД России. 2011. 304 с.
3. Меньших В.В., Самороковский А.Ф., Горлов В.В. и др. Математическое моделирование действий органов внутренних дел в чрезвычайных обстоятельствах: монография. Воронеж: Воронежский институт МВД России. 2016. 187 с. ISBN 978-5-88591-426-0.
4. Меньших В.В., Самороковский А.Ф., Середина Е.Н. и др. Моделирование коллективных действий сотрудников органов внутренних дел: монография. Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2017. 236 с. ISBN 978-5-88591-528-1.
5. Данилова О.Ю., Меньших В.В., Синегубов С.В. Правовая статистика: методы и модели: учебное пособие. Воронеж: Воронежский институт МВД России. 2018. 302 с. ISBN 978-5-88591-666-0.
6. Menshikh V., Morozova V. Models of using qualitative values of statistical indicators in organisational management systems. Proceedings – 2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2021. №3. P. 256-260.
7. Морозова В.О. Агрегирование данных правовой статистики. Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы: сб. мат. Международной научно-практической конференции. Иваново: ИПК «ПресСто»; Воронежский институт ФСИН России. 2022. С. 377-380.
8. Морозова В.О., Меньших А.В. Формирование начальной выборки данных для моделей правовой статистики. Вестник Воронежского института МВД России. 2022. № 2. С. 87-93.
9. Ларичев О.И. Вербальный анализ решений. М.: Наука. 2006 г. 181 с.
10. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений: учебник. М.: КНОРУС. 2010. 568 с.
11. Меньших В.В., Копылов А.Н., Кучер В.А., Телкова С.А. Дискретная математика: учебник: рек. ЮГРОУМО вузов по образцов. Воронеж: Воронежский институт МВД России. 2016. 228 с. ISBN 978-5-88591-410-9.
12. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир. 1984. 264 с.
13. Simulating Telecommunication Systems with CPN Tools: students' book / eds. Zaitsev D.A.: Odessa: ONAT, 2006. 60 p.

Информация об авторах:

Меньших Валерий Владимирович

доктор физико-математических наук, профессор кафедры математики и моделирования систем Воронежского института МВД России, заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный работник высшего профессионального образования

References:

1. Kuznetsov I.N. Information: Collection, Protection, Analysis: a Textbook on Information-Analytical Work. Moscow: Yauza; 2001.
2. Kononova A.M., Sofina R.A. Information and Analytical Support for the Operational Activities of the Internal Affairs Bodies. Moscow: Department of Civil Service and Personnel of the Ministry of Interior of Russia; 2011.
3. Menshikh VV, Samorokovsky AF, Gorlov VV, et al. Mathematical Modelling of the Actions of Internal Affairs Bodies in Emergency Situations. Voronezh: Voronezh Institute of the Ministry of Interior of Russia; 2016.
4. Menshikh VV, Samorokovsky AF, Sereda EN, et al. Modelling the Collective Actions of Employees of Internal Affairs Bodies. Voronezh: Voronezh Institute of the Ministry of Interior of Russia; 2017.
5. Danilova O.Yu., Menshikh V.V., Sinegubov S.V. Legal Statistics: Methods and Models. Voronezh: Voronezh Institute of the Ministry of Interior of Russia; 2018.
6. Menshikh V, Morozova V. Models of Using Qualitative Values of Statistical Indicators in Organisational Management Systems. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency; SUMMA: 2021(3):256-260.
7. Morozova VO. Aggregation of Legal Statistics Data. Technique and Safety of the Penitentiary System Objects. In: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Ivanovo: PresSto; Voronezh: Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia: 2022. p. 377-380.
8. Morozova V.O., Menshikh A.V. Formation of an Initial Data Sample for Legal Statistics Models. The Bulletin of Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2022;2:87-93.
9. Larichev O.I. Verbal Decision Analysis. Moscow: Nauka; 2006.
10. Orlov A.I. Organizational and Economic Modelling: the Theory of Decision Making. Moscow: KNORUS; 2010.
11. Menshikh V.V., Kopylov A.N., Kucher V.A., Telkova S.A. Discrete Mathematics. Voronezh: Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia; 2016.
12. Peterson J. Petri Net Theory and the Modelling of Systems. Moscow: Mir; 1984.
13. Zaitsev DA, editor. Simulating Telecommunication Systems with CPN Tools. Odessa: ONAT; 2006.

Information about authors:

Menshikh Valery Vladimirovich

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department "Mathematics and Systems Modelling" of Voronezh Institute of the Ministry of Interior of Russia, Honoured Scientist of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Professional Education of

Российской Федерации, академик РАН, ORCID
0000-0001-9235-4997

the Russian Federation, Academician of the Russian
Academy of Natural Sciences, ORCID: 0000-0001-
9235-4997

Морозова Валерия Олеговна
адъюнкт Воронежского института МВД России,
ORCID 0000-0002-2339-9515

Morozova Valeria Olegovna
Adjunct of Voronezh Institute of the Ministry of Interior
of Russia, ORCID: 0000-0002-2339-9515

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.11.2022; одобрена после рецензирования 23.12.2022; принята к публикации 30.12.2022.

The article was submitted 29.11.2022; approved after reviewing 23.12.2022; accepted for publication 30.12.2022.

Рецензент – Пугачев А.А., доктор технических наук, доцент, Брянский государственный технический университет.

Reviewer – Pugachev A.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University.

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Брянский государственный технический университет»

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: (4832) 56-49-90. E-mail: aim-ru@mail.ru

Вёрстка С.В. Морозов Редактор Д.А. Петраченко.

Сдано в набор 15.03.2023. Выход в свет 31.03.2023.

Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 11,63.

Тираж 500 экз. Свободная цена.

Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Брянский государственный технический университет»

241035, Брянская область, г. Брянск, ул. Институтская, 16

12+