

DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-1-24-41

УДК 656.022



АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК В СЛОЖНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ МЕГАПОЛИСА

А.В. Терентьев, С.С. Евтюков, Я.Е. Пирогов

В статье представлена аналитическая модель, позволяющая проектировать информационно-аналитические платформы управления грузовыми автомобильными перевозками в сложных транспортных системах. Разработанная модель основана на принципах синтеза методов управления структурной динамикой сложных систем и решает задачи поиска оптимального баланса между информационной ситуацией объекта и предмета проектирования. Сформированы принципы математического моделирования процессов на информационно-аналитической платформе, а именно: реализация объектно-ориентированного подхода при формировании информационного пространства возможных решений и расчленение на подсистемы и уровни по принципу однородности технологии и неоднородности информационных состояний. На базе сформированного подхода разработана информационно-аналитическая платформа в системе управления грузовых автомобильных перевозок, позволяющая объективно отражать изменение переменных показателей системы во времени по конкретному процессу с позиций многовариантного прогнозирования, при этом инструменты имитационного моделирования получения решений могут быть трансформированы применительно к тому или иному процессу в зависимости от информационной ситуации, соответствующей условиям протекания процесса грузовых автомобильных перевозок.

Цель. *Разработка аналитической модели построения информационно-аналитической платформы управления системой груз-*

зовых автомобильных перевозок в крупной агломерации или мегаполисе.

Метод или методология проведения работы. Математические методы теории принятия решений в условиях стохастической неопределенности, позволяющей вырабатывать оптимальные стратегии управления в сложной системе.

Результаты. Математическая модель и алгоритмы организации грузовых автомобильных перевозок в условиях потока неструктурированной информации внешней среды.

Область применения результатов. Транспортная система мегаполиса или крупной агломерации, в которой на показатели её эффективности влияет большое количество внешних и внутренних факторов и при этом наблюдается значительная динамика исследуемых показателей.

Ключевые слова: маршрутизация, сложная транспортная система, алгоритм оптимизации, многокритериальная задача, программное обеспечение

Для цитирования. Терентьев А.В., Евтюков С.С., Пирогов Я.Е. Аналитическая модель организации грузовых перевозок в сложной транспортной системе мегаполиса // *International Journal of Advanced Studies*. 2023. Т. 13, № 1. С. 24-41. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-1-24-41

ANALYTICAL MODEL OF ORGANIZATION OF FREIGHT TRANSPORTATION IN COMPLEX TRANSPORT SYSTEM OF MEGALOPOLIS

A.V. Terentyev, S.S. Evtyukov, Y.E. Pirogov

The article presents an analytical model that allows designing information and analytical platforms for managing freight transportation in complex transport systems. The developed model is based on the principles of synthesis of methods for controlling the structural dynamics of complex

systems and solves the problems of finding the optimal balance between the information situation of the object and the subject of design. The principles of mathematical modeling of processes on an information and analytical platform were formed, namely: the implementation of an object-oriented approach when forming an information space of possible solutions and dismemberment into subsystems and levels based on the principle of homogeneity of technology and heterogeneity of information states. On the basis of the formed approach, an information and analytical platform has been developed in the freight transportation management system, which allows you to objectively reflect the change in system variables over time for a particular process from the standpoint of multivariable forecasting, while the tools for simulating the production of solutions can be transformed in relation to a particular process, depending on the information situation corresponding to the conditions of the freight transportation process.

Purpose. *Development of an analytical model for building an information and analytical platform for managing the system of road freight transportation in a large agglomeration or metropolis.*

Methodology. *Mathematical methods of decision theory under conditions of stochastic uncertainty, which makes it possible to develop optimal control strategies in a complex system.*

Results. *Mathematical model and algorithms for the organization of road freight transportation in the context of the flow of unstructured information of the external environment.*

Practical implications. *The transport system of a metropolis or large agglomeration, in which the indicators of its effectiveness are influenced by a large number of external and internal factors and at the same time there is a significant dynamic of the studied indicators.*

Keywords: *routing; complex transport system; optimization algorithm; multi-criteria problem; software*

For citation. *Terentyev A.V., Evtuykov S.S., Pirogov Y.E. Analytical Model of Organization of Freight Transportation in Complex Transport System of Megalopolis // International Journal of Advanced Studies, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 24-41. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-1-24-41*

Введение

Проблема необходимости повышения эффективности организации процесса грузовых автомобильных перевозок (ГАП) признана одной из приоритетных задач в развитии национальной экономики РФ в «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года», принятой ещё в 2008 г. В данном документе обозначена основная задача, стоящая перед отраслью ГАП – необходимость сокращения издержек на перемещение производимых в стране материальных ценностей. Данная проблема до настоящего времени, к сожалению, не решена в силу объективных и субъективных причин. Подтверждением этому является то, что необходимость повышения эффективности ГАП повторно декларируется в обновленной «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года», проект которой рассматривался Правительством Российской Федерации в 2021 году.

В качестве основной причины можно назвать отсутствие научно-обоснованных аналитических инструментов управления информацией в данной отрасли. Поэтому фактически система управления ГАП заканчивается на уровне отдельного автотранспортного предприятия (АТП). Более высокие иерархические уровни, чем отдельное АТП, в системе управления ГАП отсутствуют. Это объясняется тем, что такие государственные (муниципальные) органы, как субъекты в системе управления ГАП, самоустранились в начале 90-х годов прошлого века. С тех пор система ГАП развивается в РФ хаотично, бесструктурно, то есть в условиях неопределенности, а, следовательно, невозможности объективного прогнозирования её производственных возможностей и их эффективности. Справедливо отметить, что за последние десятилетия, видя существующие сложности в организации системы ГАП, различные комитеты в чьё ведение входит курирование процессов организации ГАП в каждом крупном регионе, агломерации или мегаполисе, с завидной регулярностью вырабатывали различные концепции или программы её развития.

Анализ многочисленных программ по развитию системы ГАП (на примере г. Санкт-Петербурга) показывает, что они в основной своей части, к сожалению, только объективно констатируют существующее положение в отрасли, а в части прогнозирования и выработки эффективных инструментов управления, как правило, не опираются на серьёзные научные исследования или же для решения поставленных задач применяются «примитивные» методологии, в частности, методы экспертных оценок, страдающие высокой долей субъективизма [1,2,3]. В данных условиях задача создания информационно-аналитической платформы, позволяющей системно управлять процессами организации ГАП в сложных транспортных структурах мегаполисов, становится особенно актуальной. Данная задача может быть решена только на основе разработки специализированного математического аппарата – аналитического инструмента принятия эффективных решений для текущего оперативного управления и прогнозирования стратегий развития системы ГАП.

Методы исследования

Математическое моделирование процесса выбора оптимальной стратегии при организации ГАП является неотъемлемым прогнозирующим элементом, определяющим эффективную динамику развития системы. Применительно к информационному прогнозированию системный анализ традиционно сводится к определению оптимальной стратегии организационно-технической системы [4, 5]. В программном прогнозировании системный анализ выражается в выявлении связей между эндогенными и экзогенными переменными прогнозирования. В качестве эндогенных переменных в ГАП выступают показатели использования ГАП, а в качестве экзогенных – результативные показатели ГАП [6, 7]. Для организационно-технической системы задача в целом решается с позиции оптимизации на основе установленных критериев, определяемых границами исследуемой системы [8, 9]. В качестве объектов в системе принимаются отдельные партии

разнородных грузов, что позволяет реализовать объектно-ориентированный подход при формировании информационного пространства возможных решений (ИПВР) [10]. Расчленение на подсистемы производится на уровне однотипных технологий:

- на макроуровне в информационной системе мегаполиса это отдельные транспортные предприятия, обладающие соответствующими производственными возможностями;
- на микроуровне в информационной системе транспортного предприятия это отдельные технологии: виды маршрутов (простые маятниковые, кольцевые, сборные, развозочные и др.), типы транспортных средств и т.д.

Таким образом определяются альтернативные организации и технологии для перевозки каждой партии груза.

В прогнозном аспекте задача исследования формируется следующим образом: из всех возможных альтернатив необходимо выбрать такую альтернативу организации грузовых перевозок, чтобы технологический уровень производства в целом был максимально эффективен при минимальных ограничениях. Набор возможных альтернатив (по одной из каждой подсистемы), отвечающих упомянутым условиям, отражает оптимальную стратегию реализации по всему объему перевозок для отдельного расчетного периода.

Результаты исследования

Аналитически декларируемый подход можно представить в виде матрицы, каждая строка в которой характеризует отдельную партию груза, а отдельный столбец это:

- на макроуровне – производственные структуры на рынке ГАП;
- на микроуровне – отдельные перевозочные технологии: организация маршрутов движения, типы подвижного состава и т.д.

$$W = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \dots & \alpha_{mn} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Таким образом, каждая строка в данной матрице характеризует отдельную подсистему перевозки отдельной партии груза,

позволяющую учитывать сложный характер перемещения. Допустим, α_{11} – это перемещение партии груза на распределительный терминал, а α_{12} – перемещение партии груза непосредственно потребителю, то есть в отдельной строке реализуется возможность учитывать необходимое количество перегрузок в процессе доставки груза от его производителя к потребителю. Координаты в строке, представленные в виде локальной стратегии, соответствуют альтернативным технологиям в каждой подсистеме. Если реализация перевозки груза невозможна ввиду несоответствия производственных возможностей характеру перевозимого груза, то в матрицу вместо соответствующей альтернативы вносится ноль. Одновременно должна рассматриваться матрица, в которой приводятся значения экономической эффективности, соответствующие альтернативам исходной матрицы:

$$R = \begin{vmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \dots & \beta_{1n} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \dots & \beta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{m1} & \beta_{m2} & \dots & \beta_{mn} \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Аналогичным образом должна вводиться матрица, ограничивающая количество привлекаемых в систему ресурсов – количество транспортных средств, привлекаемых к ГАП, то есть матрица снижения веса объема организационно-технической системы:

$$G = \begin{vmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1n} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{m1} & \gamma_{m2} & \dots & \gamma_{mn} \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Матрицы (2) и (3) интерпретируются в виде ограничений, которые накладываются на систему, представленную матрицей (1). В принципе, число ограничений не лимитируется. Однако при большом числе ограничений может возникнуть ситуация, при которой уже невозможно получить строгое решение поставленной задачи. Затем можно сформулировать основную задачу информационного прогнозирования в математическом виде, придерживаясь терминологии теории систем и эвристического нелинейного программирования.

Из всего набора альтернатив, представленных матрицей (1), можно определить стратегию, максимизирующую целевую функцию

$$f(W) = \prod_{ij} \alpha_{ij} y_{ij} \rightarrow \max \tag{4}$$

при соблюдении следующих ограничений по экономическим затратам и производственным возможностям:

$$\sum \beta^0 f(W)_{ij} \leq R_\Phi; \tag{5}$$

$$\sum \gamma^0 f(W)_{ij} \leq G_\Phi, \tag{6}$$

где R_Φ – допустимые затраты на перевозки, руб.; G_Φ – провозные возможности транспортного предприятия, т; y_{ij} – перераспределительная (перестановочная) матрица.

В такой постановке оптимальная стратегия информационного прогнозирования представляется в виде S -мерного вектора, выбирающего из каждой подсистемы (строки) по одной и только одной координате. Если учесть, что при простом переборе (для системы, состоящей из 10 партий грузов, число данных переборов будет равно 3 628 800 вариантам), очевидно, что нахождение стратегии прогнозирования возможно с использованием специальных алгоритмов, при которых нет необходимости перебирать все $n!$ вариантов. Итерационный процесс перебора информационных ситуаций в ходе трансформации исходной матрицы в перестановочную, у которой в каждой строке окажется только одна единица, предложен в [16]:

$$Y = \parallel y_{ij} \parallel.$$

Алгоритм операций состоит в получении из матрицы (1) перестановочной матрицы, (7) удовлетворяющей следующим условиям коммуникативности:

$$y_{ij} = y_{ij}^2, \quad ij = 1, 2, \dots, n \quad (n \leq 3);$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ij} = \sum_{j=1}^n y_{ij} = 1.$$

В результате итерации (приведения исходной матрицы к единичной) получается перестановочная матрица, например,

$$Y = \parallel y_{ij} \parallel = \left\| \begin{array}{ccccc} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\|. \tag{7}$$

Тогда оптимальная стратегия, максимизирующая функцию (4), представится в виде произведения альтернатив, взятых из исходной матрицы в соответствии с координатами, обозначенными единицами в перестановочной матрице. В описательной форме содержание информационного прогноза в системе в целом представится теперь совокупностью описаний всех координат, соответствующих S -мерному вектору. Итерация позволяет существенным образом сократить число вычислительных операций, поскольку «проигрывается», по существу, лишь исходная матрица, а ограничительные матрицы используются только лишь для проверки ограничений (2) и (3), осуществляемых в соответствии с координатами матрицы (маршрутом, объединяемым единицами). Таким образом, исключается ряд промежуточных вычислительных операций.

Результирующей задачей имитационного моделирования является распределение имеющихся заявок на ГАП среди АТП, зарегистрированных в базе данных информационно-аналитической системы планирования ГАП в мегаполисе.

Рассмотрим пример. В системе организации перевозок определены пять подсистем – пять маршрутов движения подвижного состава. Поэтому в соответствии с алгоритмом формируем матрицу системы альтернатив в динамической системе организации ГАП, где:

- по столбцам расположены реализуемые технологии или маршруты движения АТС;
- по строкам – альтернативные варианты для реализации рассматриваемых технологий – АТП (табл. 1).

Таблица 1.

Структура парка подвижного состава различных АТП

№ АТП	Марки, модели подвижного состава	Грузоподъемность, т	Количество, шт.
1.	ГАЗ-3307	4	3
2.	ГАЗ-3309	4	2
3.	ЗиЛ-433112	6	7
4.	ЗиЛ-433362	6	7
5.	ЗиЛ-432932	6	6

Показатели эффективности в матрице альтернатив определяются как оценка возможной эффективности работы отдельного АТП по каждому из реализуемых маршрутов [12]. Эффективность каждой альтернативы в количественных оценках на основании расчёта технико-экономических показателей (ТЭП) для 5-и полученных маршрутов представлена в виде исходной матрицы:

$$W = \|\alpha_{ij}^0\| = \begin{vmatrix} 0,93 & 0,94 & 0,22 & 0,50 & 0,79 \\ 0,92 & 0,83 & 0,90 & 0,93 & 0,23 \\ 0,31 & 0,47 & 0,89 & 0,80 & 0,77 \\ 0,47 & 0,80 & 0,85 & 0,43 & 0,29 \\ 0,93 & 0,82 & 0,72 & 0,54 & 0,58 \end{vmatrix}.$$

Итерация исходной матрицы привела к перестановочной матрице, имеющей следующий вид:

$$Y = \|\gamma_{ij}^0\| = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix},$$

то есть произведено перераспределение маршрутов движения между альтернативными АТП.

Следующий этап – проверка системы на возможные ограничения, в частности, возможны ограничения по экономическим показателям (затраты на перевозки всего объёма грузов не должны превышать определенной величины) [13]. В этом случае производится расчёт ограничений в системе по экономическим показателям – себестоимость выполненного тонно-километра не должна превышать: $R_s < 3$ тыс. (руб./ч)

$$R_s = \|\beta_{ij}^0\| = \begin{vmatrix} 1,3 & 0,8 & 0,9 & 1,5 & 1,4 \\ 2,2 & 0,6 & 0,7 & 0,9 & 0,8 \\ 0,9 & 1,6 & 1,4 & 0,2 & 0,3 \\ 0,3 & 0,9 & 0,5 & 1,6 & 1,7 \\ 1,1 & 1,8 & 2,9 & 3,1 & 3,2 \end{vmatrix},$$

$$\sum_{ij} \beta_{ij}^0 f(W)_{ij} = (0,8 \cdot 0,94) + (0,7 \cdot 0,80) + (0,2 \cdot 0,80) + (0,5 \cdot 0,85) + (1,1 \cdot 0,93) = 2,99 (< 3,0)$$

Условие наличия ограничений по экономическим требованиям соблюдается. Таким образом, описание содержания прогноза сводится к описанию альтернатив, взятых из базы данных в со-

ответствии с координатами ($\alpha_{12}, \alpha_{23}, \alpha_{34}, \alpha_{43}, \alpha_{51}$). Если при этом будут определены (просчитаны) периоды прогнозирования, то имеется вся необходимая информация для составления сценария развития системы на перспективу [14].

Покажем результаты расчёта изменения годовых показателей (в натуральных единицах) в системе организации перевозок с применением разработанного подхода в сравнении с традиционными моделями. Они представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Результаты расчёта изменения годовых показателей в системе организации перевозок в сравнении с традиционным подходом

Наименование показателей, ед. изм.	Крите- рии	Значение показателей	
		Аналог (D ₁)	Проект (D ₂)
1. Количество автомобилей в эксплуатации, ед.	K ₁	13	11
2. Дни в эксплуатации, дн./год	K ₂	248	248
3. Автомобиле-дни в эксплуатации, а-дн./год	K ₃	3001	2728
4. Автомобиле-часы в эксплуатации, а-ч/год	K ₄	31708	22 027
5. Общий пробег автомобилей, км/год	K ₅	629 938	579 542
6. Объём перевозок, т/год	K ₆	24 304	24 304
7. Грузооборот, тыс. т-км/год	K ₇	771 044	709 360
8. Производительность автомобиля, т/сут.	K ₈	8,1	8,9
9. Количество водителей, чел.	K ₉	20	14

ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО КРИТЕРИЕВ (N)

ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО РЕШЕНИЙ (M)

ВВОД

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
D1	13	248	3001	31708	629938	24304	771044	8.1	20
D2	11	248	2728	22027	579542	24304	709360	8.9	14
min-max	min	min	min	min	min	max	max	max	min

НОРМАЛИЗОВАТЬ

РАССЧИТАТЬ

Рис. 1. Ввод данных в систему оценки показателей информационной аналитической платформы (ИАП)

щественно искать соответствия между информационной ситуацией и решением.

2. Сформированы принципы математического моделирование процесса в ИАП: реализация объектно-ориентированного подхода, при формировании информационного пространства возможных решений и расчленение на подсистемы и уровни по принципу однородности технологий и неоднородности информационных состояний:

- на макроуровне в информационной системе мегаполиса это отдельные транспортные предприятия, обладающие соответствующими производственными возможностями;
- на микроуровне в информационной системе транспортного предприятия это отдельные технологии: виды маршрутов (простые маятниковые, кольцевые, сборные, развозочные и др.), типы транспортных средства и т.д.

На базе сформированного авторами подхода разработана аналитическая модель управления в системе ГАП, позволяющая отражать изменение переменных во времени по конкретному процессу с позиций многовариантного прогнозирования, а инструменты для получения решений, используемые в механизме имитационного моделирования, могут быть трансформированы применительно к тому или иному процессу в зависимости от информационной ситуации, соответствующей условиям перевозок

Список литературы

1. Андреев, А.Ю. Методика определения оптимальных маршрутов в условиях оперативного планирования автомобильных грузовых перевозок/ А.Ю. Андреев// Вестник гражданских инженеров. 2022. №1 (90). С. 107-113.
2. Андреев А.Ю. Алгоритмы маршрутизации в дорожно-транспортной системе/ А.Ю. Андреев, В.Д. Егоров, А.В. Терентьев// Вестник гражданских инженеров. 2021. №2 (85). С. 181 -188.
3. Егоров, В.Д. Методика расчёта производственной программы грузовых автомобильных перевозок для цифровых сервисных

- моделей управления/В. Д. Егоров// Вестник гражданских инженеров. 2021. №6 (89). С. 174-179.
4. Жолобова, О.И. Информационная поддержка решения задач транспортировки грузов автомобильным транспортом / О.И. Жолобова, Д.А. Жолобов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2016. – № 1. – С. 26-31.
 5. Корнаков, А. Н. Модель сложной организационно-технической системы / А. Н. Корнаков // Перспективы науки и образования. – 2015. – № 2(14). – С. 44-50.
 6. Корчагин, В. А. Кибернетический подход к управлению открытыми автотранспортными системами / В. А. Корчагин, А. А. Турсунов, Ю. Н. Ризаева // Вестник Таджикского технического университета. – 2010. – Т. 1-1. – № 1. – С. 50-54.
 7. Математическая модель управления грузовыми транспортно-логистическими системами с переменной структурой / В. А. Корчагин, С. А. Ляпин, Ю. Н. Ризаева, Е. А. Лебедев // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2012. – № 3. – С. 30-32.
 8. Проектирование автотранспортных систем доставки грузов / В. И. Николин, С.М. Мочалин, Е.Е. Витвицкий, И.В. Николин. – Омск: Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), 2001. –184 с.
 9. Рассоха, В.И. Ситуационное управление автотранспортными системами (часть 1. Системная эффективность эксплуатации автомобильного транспорта) / В. И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 9(103). – С. 148-153.
 10. Рассоха, В.И. Ситуационное управление автотранспортными системами (часть 2. Синтез системы управления) / В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 10(104). – С. 144-151.
 11. Терентьев А.В. Математические модели принятия решений в интеллектуальных транспортных системах/ Терентьев А. В. Ари-

- фуллин И.В., Андреев А. Ю., Егоров В.Д.// Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2021. № 1(64). С. 106 -113.
12. Чермен, У. Введение в исследование операций / У. Чермен, Р. Акофф, Л. Арнофф; перевод с англ. В. Я. Алтаева [и др.]; под ред. А. Я. Лернера. – М.: Наука, 1968. – 486 с.
13. Шайхутдинов, И.Ф. Исследование влияния технико-эксплуатационных показателей на себестоимость грузовых автомобильных перевозок/ И.Ф. Шайхутдинов, Б.Ф. Ахтямов //Сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2018. Изд-во МЦНС «Наука и просвещение», С 57–60.
14. Alexey Terentyev, Maria Karelina, Vladimir Egorov, Andrey Andreev, Kazem Reza Kashyzadeh/ Model for determining optimal routes in complex transport systems// Transportation Research Procedia, Volume 57, 2021, Pages 679-687.
15. Alexey Terentyev, Andrey Andreev, Vladimir Yegorov, Ayub Omarov/ Digital services as tools for implementing service-oriented architecture in transport systems / Transportation Research Procedia, Volume 57, 2021, Pages 672-678.

References

1. Andreev A.Yu. Metodika opredeleniya optimal'nykh marshrutov v usloviyakh operativnogo planirovaniya avtomobil'nykh gruzovykh perevozok/ Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2022. №1 (90). pp. 107-113.
2. Andreev A.Yu., Egorov V.D. Terent'ev A.V./Algoritmy marshrutizatsii v dorozhno-transportnoy sisteme/ Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2021. №2 (85). pp. 181 -188.
3. Egorov V.D. Metodika rascheta proizvodstvennoy programmy gruzovykh avtomobil'nykh perevozok dlya tsifrovyykh servisnykh modeley upravleniya// Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2021. №6 (89). pp. 174-179.
4. Zholobova O.I. Zholobov D.A. Informatsionnaya podderzhka resheniya zadach transportirovki gruzov avtomobil'nyim transportom /

- Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika. – 2016. – № 1. – pp.. 26-31.
5. Kornakov A. N. Model' slozhnoy organizatsionno-tekhnicheskoy sistemy / Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2015. – № 2(14). – S. 44-50.
 6. Korchagin V.A. Tursunov A.A., Rizaeva Yu.N. Kiberneticheskiy podkhod k upravleniyu otkrytymi avtotransportnymi sistemami / Vestnik Tadzhičskogo tekhnicheskogo universiteta. – 2010. – T. 1-1. – № 1. pp. 50-54.
 7. Korchagin V.A., Lyapin S.A., Rizaeva Yu.N., Lebedev E.A. Matematicheskaya model' upravleniya gruzovymi transportno-logisticheskimi sistemami s peremennoy strukturoy / Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. – 2012. – № 3. – pp.. 30-32.
 8. Nikolin V.I, Mochalin S.M., Vitvitskiy E.E, Nikolin I.V. Proektirovanie avtotransportnykh sistem dostavki gruzov. –Omsk: Sibirskaya gosudarstvennaya avtomobil'no-dorozhnaya akademiya (SibADI), 2001. –184 p.
 9. Rassokha, V.I. Situatsionnoe upravlenie avtotransportnymi sistemami (chast' 1. Sistemnaya effektivnost' ekspluatatsii avtomobil'nogo transporta) // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2009. – № 9(103). – pp. 148-153.
 10. Rassokha, V.I. Situatsionnoe upravlenie avtotransportnymi sistemami (chast' 2. Sintez sistemy upravleniya) // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2009. – № 10(104). pp. 144-151.
 11. Terent'ev A.V., Arifullin I.V., Andreev A. Yu., Egorov V.D. /Matematicheskie modeli prinyatiya resheniy v intellektual'nykh transportnykh sistemakh// Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2021. № 1(64). pp. 106 -113.
 12. Chermen U., Akoff R. / Vvedenie v issledovanie operatsiy: perevod s angl. V. Ya. Altaeva [i dr.]; pod red. A. Ya. Lerner. – M.: Nauka, 1968. – 486 p.
 13. Shaykhutdinov, I.F., Akhtyamov B.F. Issledovanie vliyaniya tekhniko-ekspluatatsionnykh pokazateley na sebestoimost' gruzovykh avtomobil'nykh perezovok//Sbornik statey II Mezhdunarodnoy

- nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2018. Izd-vo MTsNS «Nauka i prosveshchenie», pp. 57–60.
14. Alexey Terentyev, Maria Karelina, Vladimir Egorov, Andrey Andreev, Kazem Reza Kashyzadeh/ Model for determining optimal routes in complex transport systems// Transportation Research Procedia, Volume 57, 2021, Pages 679-687.
 15. Alexey Terentyev, Andrey Andreev, Vladimir Yegorov, Ayub Omarov/ Digital services as tools for implementing service-oriented architecture in transport systems / Transportation Research Procedia, Volume 57, 2021, Pages 672-678.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Терентьев Алексей Вячеславович, профессор кафедры «Транспортные системы», доктор технических наук
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
ул. 2-я Красноармейская, 4, г. Санкт-Петербург, 190005, Российская Федерация
aleksej.terentev.67@bk.ru

Евтюков Станислав Сергеевич, заведующий кафедрой «Транспортные системы», доктор технических наук
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
ул. 2-я Красноармейская, 4, г. Санкт-Петербург, 190005, Российская Федерация
ese-89@yandex.ru

Пирогов Ярослав Евгеньевич, врио руководителя
ГКУ Ленинградской области «Оператор «электронного правительства»
ул. Шпалерная, 52., г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация
pirogovye@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHOR

Alexey V. Terentyev, professor of the Department of Transport Systems, Doctor of Technical Sciences

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

2-nd, Krasnoarmeyskaya Str., 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation

aleksej.terentev.67@bk.ru

Stanislav S. Evtyukov, head of the Department of Transport Systems, Doctor of Technical Sciences

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

2-nd, Krasnoarmeyskaya Str., 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation

ese-89@yandex.ru

Yaroslav E. Pirogov, head

State Public Institution of the Leningrad Region “Electronic Government Operator”

52, Shpalernaya Str., Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

pirogovye@gmail.com

Поступила 10.12.2022

После рецензирования 25.12.2022

Принята 12.01.2023

Received 10.12.2022

Revised 25.12.2022

Accepted 12.01.2023