

Болодурина, И. П. Математические и инструментальные средства обеспечения Интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении грузопотоками / И. П. Болодурина, Е. А. Спешилов // Прикладная математика и вопросы управления. – 2023. – № 2. – С. 93–107. DOI 10.15593/2499-9873/2023.2.09

#### Библиографическое описание согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018

Болодурина, И. П. Математические и инструментальные средства обеспечения Интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении грузопотоками / И. П. Болодурина, Е. А. Спешилов. – Текст : непосредственный. – DOI 10.15593/2499-9873/2023.2.09 // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2023. – № 2. – С. 93–107.



ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА  
И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ

№ 2, 2023

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Научная статья

DOI: 10.15593/2499-9873/2023.2.09

УДК 004.9:519.85



## Математические и инструментальные средства обеспечения интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении грузопотоками

И.П. Болодурина<sup>1</sup>, Е.А. Спешилов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

<sup>2</sup>Оренбургский филиал Института экономики УрО РАН, Оренбург, Российская Федерация

#### О СТАТЬЕ

Получена: 29 марта 2023

Одобрена: 12 июня 2023

Принята к публикации:

22 июня 2023

#### Финансирование

Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием Минобрнауки России для ФГБУН «Институт экономики» УрО РАН.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Вклад авторов

равноценен.

#### Ключевые слова:

управление, интеллектуализация, анализ данных, система поддержки принятия решений, лицо принимающее решение, математическая модель, автоматизация, алгоритм, логистика, грузопоток, грузоперевозки, эффективность.

#### АННОТАЦИЯ

В сложившихся геополитических и экономических условиях особенно остро стоит вопрос принятия оперативных управленческих решений для эффективного функционирования предприятий страны с учетом организационных и технологических особенностей, а также возрастающих уровней риска и неопределенности, связанных с необходимостью обработки потоков специфической быстро меняющейся информации. В этом отношении все большую популярность приобретают интеллектуальные системы поддержки принятия решений, содержащие модули сбора, обработки и моделирования формализованных данных и носящие как универсальный характер, так и адапционный под конкретный круг вопросов, актуальных для некоторой группы или даже отдельно взятого предприятия. Целью представленного исследования являлась разработка такого рода системы при управлении грузопотоками.

На основе проведенного анализа предлагается разработанная интеллектуальная система поддержки принятия решений, применяемая для повышения эффективности процесса управления грузопотоками. Описаны ее основные блоки и их логическая взаимосвязь. Математическое обеспечение состоит из комплекса адаптированных под отдельные модули классических моделей, а также разработанных обобщенных моделей планирования и размещения грузов. При формировании набора альтернативных маршрутов используются «Яндекс-карты». Для автоматизации выбора маршрута грузоперевозок применяются расчетные алгоритмы правил нечеткой логики, реализованные в среде Yandex DataLens. Основное внимание уделено подсистеме управления процессом грузоперевозок. Представлена обобщенная функциональная схема цифровизации формирования путевых листов и контроля, а также блок-схема алгоритма, положенного в основу разработанного и внедренного на ряде предприятий программного продукта, автоматизирующего процесс заполнения путевых листов с учетом специфики автопарка и выбранных маршрутов.

В пределах синтеза структуры и алгоритма работы интеллектуальной системы, позволяющей оптимизировать процесс организации перевозки грузов, проведена апробация отдельных предлагаемых модулей и подходов, показавшая повышение эффективности формирования и выбора маршрутов при организации грузопотоков, снижение времени на поиск оперативного решения, а также затрат на перевозку и контроль движения груза в условиях возникающих проблем, связанных со случайными факторами.

Интеллектуальная система поддержки принятия решений ориентирована на малые фирмы, а также предприятия, занятые, помимо прочего, также и организацией перевозки грузов посредством своего автотранспорта, так как именно они находятся в большей зоне риска, чем крупные компании, основной экономической деятельностью которых является оказание услуг по грузоперевозкам, имеющие широкую сеть представительств, логистических центров и состав транспортных средств.

© ПНИПУ

© Болодурина Ирина Павловна – д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой «Прикладная математика», e-mail: [irbolodurina@yandex.ru](mailto:irbolodurina@yandex.ru), ORCID: 0000-0003-0096-2587.

Спешилов Евгений Алексеевич – аспирант, младший научный сотрудник кафедры «Прикладная математика», e-mail: [evgenij.sp@mail.ru](mailto:evgenij.sp@mail.ru), ORCID: 0009-0007-6664-3569.



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

**Perm Polytech Style:** Bolodurina I.P., Speshilov E.A. Mathematical and instrumental means of providing an intelligent decision support system for cargo traffic management. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2023, no. 2, pp. 93–107. DOI: 10.15593/2499-9873/2023.2.09

**MDPI and ACS Style:** Bolodurina, I.P.; Speshilov, E.A. Mathematical and instrumental means of providing an intelligent decision support system for cargo traffic management. *Appl. Math. Control Sci.* **2023**, *2*, 93–107. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2023.2.09>

**Chicago/Turabian Style:** Bolodurina, Irina P., and Evgeny A. Speshilov. 2023. "Mathematical and instrumental means of providing an intelligent decision support system for cargo traffic management". *Appl. Math. Control Sci.* no. 2: 93–107. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2023.2.09>



APPLIED MATHEMATICS  
AND CONTROL SCIENCES  
№ 2, 2023  
<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Article

DOI: 10.15593/2499-9873/2023.2.09

UDK 004.9:519.85



## Mathematical and instrumental means of providing an intelligent decision support system for cargo traffic management

I.P. Bolodurina<sup>1</sup>, E.A. Speshilov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

<sup>2</sup>Orenburg Branch of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation

### ARTICLE INFO

Received: 29 March 2023  
Approved: 12 June 2023  
Accepted for publication:  
22 June 2023

#### Funding

The article was prepared in accordance with the state task of the Ministry of Education and Science of Russia for FGBUN "Institute of Economics" Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

#### Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Author Contributions

equivalent.

#### Keywords:

management, intellectualization, data analysis, decision support system, decision maker, mathematical model, automation, algorithm, logistics, cargo flow, cargo transportation, efficiency.

### ABSTRACT

In the current geopolitical and economic conditions, the issue of making operational management decisions for the effective functioning of the country's enterprises is particularly acute, taking into account organizational and technological features, as well as increasing levels of risk and uncertainty associated, among other things, with the need to process flows of specific rapidly changing information. In this regard, intelligent decision support systems are becoming increasingly popular, containing modules for collecting, processing and modeling formalized data and having both a universal character and adaptation to a specific range of issues relevant to a certain group or even a single enterprise. The purpose of the presented study was to develop such a system for managing cargo flows.

Based on the analysis, the developed intelligent decision support system is proposed, which is used to improve the efficiency of the cargo flow management process. Its main blocks and their logical relationship are described. The mathematical support consists of a complex of classical models adapted to individual modules, as well as developed generalized models of cargo planning and placement. When forming a set of alternative routes, Yandex Maps are used. To automate the selection of the cargo transportation route, algorithms of fuzzy logic rules are used, with the implementation of calculations in the Yandex DataLens environment. The main attention is paid to the subsystem of cargo transportation process management. A generalized functional scheme of digitalization of the formation of waybills and control is presented, as well as a block diagram of the algorithm based on a software product developed and implemented at a number of enterprises that automates the process of filling out waybills, taking into account the specifics of the fleet and selected routes.

Within the framework of the synthesis of the structure and algorithm of the intelligent system, which allows to optimize the process of organizing cargo transportation, the approbation of individual proposed modules and approaches was carried out, which showed an increase in the efficiency of forming and choosing routes for organizing cargo flows, reducing the time to find an operational solution, as well as the costs of transportation and control of cargo movement in the conditions of emerging problems associated with accidental factors.

The intelligent decision support system is aimed at small firms, as well as enterprises engaged, among other things, also in the organization of cargo transportation by means of their vehicles, since they are in a greater risk zone than large companies whose main economic activity is the provision of cargo transportation services and having a wide network of representative offices, logistics centers and the composition of vehicles.

© PNRPU

© Irina P. Bolodurina – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department, Department of Applied Mathematics, e-mail: [ipbolodurina@yandex.ru](mailto:ipbolodurina@yandex.ru), ORCID: 0000-0003-0096-2587.

Evgeny A. Speshilov – Ph. D. Student, Junior Researcher, Department of Applied Mathematics, e-mail: [evgenij.sp@mail.ru](mailto:evgenij.sp@mail.ru), ORCID: 0009-0007-6664-3569.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## Введение

Транспортно-логистический комплекс играет одну из ведущих ролей в развитии экономики любой страны. В России транспортная отрасль вносит стабильный вклад и обеспечивает до 7 % ВВП [1], кроме того, важным элементом функционирования широкого круга предприятий различной отраслевой принадлежности является организация логистических процессов (как внешнего, так и внутреннего характера), в том числе связанных с управлением грузопотоками.

Главная задача транспортной логистики заключается в обеспечении доставки груза (в неповрежденном состоянии) в определенное место с учетом заявленного временного отрезка, причем с наименьшими финансовыми затратами. Активное развитие отечественного рынка услуг в сфере транспортировки грузов (в соответствии с мировыми тенденциями) за последнее время привело к увеличению числа крупных транспортных компаний. Однако, согласно исследованию Всемирного банка, Россия входит в первую пятерку в мире по протяженности путей и занимает 75-е место по индексу эффективности логистики [2].

Исторически ведущая роль относительно грузоперевозок отводилась железнодорожному транспорту, но в последнее время увеличение протяженности и качества автомобильных дорог дало возможность более эффективного использования комбинированных логистических маршрутов, что приобрело особую актуальность в свете сложившихся на сегодняшний день неблагоприятных геополитических условий и санкционной политики. В результате поиск оптимального сочетания всех видов материальных затрат (особенно для маршрутизации транспортных средств при мультимодальных перевозках [3]) с временными ограничениями ставит перед организациями задачу оптимизации управления грузопотоками, что, в свою очередь, требует разработки соответствующих систем поддержки принятия решений, реализуемых в условиях цифровой трансформации ряда процессов организационно-экономического и технологического характеров [4].

Выше было отмечено, что в последнее время наблюдается укрупнение компаний, занятых грузоперевозками. Это имеет отношение к тем из них, у кого данный вид деятельности заявлен в качестве основного. Однако существует большое количество малых предприятий, стремящихся с целью обеспечения конкуренции оказывать более гибкий набор услуг, а также вынужденных в рамках производственной деятельности решать вопросы перевозки грузов силами своего автопарка. Одна из возникающих проблем в этом случае заключается в выборе оптимального маршрута, что является многокритериальной задачей, которую лицу, принимающему решения (ЛПР), следует рассматривать с учетом применения декомпозиционных подходов и автоматизации, основанной на использовании математических методов и программных средств. В фирме при организации документооборота, относящегося к заполнению путевых листов и контролю выполнения работ, также эффективно применение автоматизированных информационных технологий. В обоих случаях необходимо оперировать качественной достоверной информацией, поступающей от различных источников логистической системы на каждом этапе ее функционирования. ЛПР, опираясь на такого рода фактические данные, может сделать верные выводы и принять обоснованные решения. Искажение же информации, причем даже незначительное, ведет к снижению эффективности управления, а значит и влияет на издержки и прибыль компании. В этом случае актуально вести речь о разработке и внедрении в процессы управления грузопотоками автоматизированных, экспертных и интеллектуальных систем [5], реализованных посредством современного программного обеспечения и цифровых технологий, направленных на поддержку принятия решений.

## Теория

Под грузопотоком понимается объем перевозок грузов в заданном направлении или через данный пункт за определенный отрезок времени. При этом различают внешние (прибытия и отправления) и внутренние (между подразделениями самого предприятия) потоки [6]. При управлении грузопотоками реализуются все классические функции, в числе которых планирование, организация и контроль. Так, на этапе планирования происходит их распределение по транспортной сети, которое зависит от широкого круга факторов – состояния транспортно-логистической инфраструктуры, выбора вида транспорта, затрат и пр. При организации грузопотока рассматриваются вопросы непосредственно доставки груза с выбором маршрута, ведения складского учета и пр. Контроль проходит как на начальном и конечном этапах, так и при движении товарных потоков.

Внедрение цифровых технологий происходит на всех уровнях управления грузопотоками как внутри компаний, так и во внешней среде. Это и электронный документооборот, и применение широкого спектра информационных ресурсов по принятию и сопровождению заказов, отслеживанию продвижения грузов и информированию клиентов о доставке и пр. Также возможно использование различных платформ для рекламы своих услуг и наличия обратной связи от клиентов.

Развитие в России информационных технологий управления в транспортной сфере осуществляется в рамках подпрограммы «Цифровой транспорт и логистика» государственной программы РФ «Развитие транспортной системы» на период до 2024 г. [7].

В условиях жесткой конкуренции и высокой степени неопределенности внешних факторов перевозчики вынуждены постоянно совершенствовать рабочие процессы с целью повышения прибыли, которая зависит в том числе и от предоставления потребителям более выгодных условий, тем самым способствуя расширению клиентской базы компании. Для повышения эффективности управления грузопотоками ЛПР могут использоваться специально разработанные информационно-аналитические средства, базирующиеся на имитационном моделировании, в основу которых заложены как классические математические модели линейного программирования («транспортная задача», «задача коммивояжера» и др.), так и динамические, а также многофакторные [8] и пр. Одной из самых популярных является созданная коллективом ученых имитационная система ИСТРА, которая позволяет строить модели транспортных объектов практически любого размера и сложности [9].

Внедрение различных инноваций [10], в том числе технологического содержания, направленных на упорядочивание работы транспорта, способствует снижению затрат на его эксплуатацию. Такого рода процессы можно реализовать с применением спутниковой системы «ГЛОНАСС» или встроенных GPS-трекеров [11; 12].

В последнее время, развиваясь на стыке интеллектуальных информационных технологий и транспортной отрасли, получили распространение интеллектуальные транспортные системы (ИТС), включающие моделирование транспортных потоков, информационные системы и системы управления движением транспорта [13]. Управлять грузоперевозками можно также, например, в рамках единой платформы посредством Transport Management System (TMS), которая помогает минимизировать затраты, увеличивать производительность, контролировать маршрут, скорость, расход топлива и пр. Для небольших компаний можно использовать систему управления перевозками на базе «1С», однако с меньшим функционалом [14].

Несмотря на уже имеющиеся разработки, сфера интеллектуализации процессов принятия решений в области управления и организации логистических процессов постоянно расширяется и остается актуальной.

Рассматривая вопросы управления грузопотоками, а также технологии и организации грузоперевозок, следует отметить, что для крупных предприятий, для которых связанная с этим экономическая сфера деятельности является основной, оправданно использование универсальных информационных технологий с технической поддержкой и сопровождением компаний, занятых в сфере разработки программных продуктов в предметной области логистики. Однако перевозками занимаются и отдельные предприниматели, а также предприятия, использующие свой автопарк при организации ряда технологических процессов, зависящих от вида и сферы деятельности. Функционируя в условиях жесткой конкуренции, они особенно пристально вынуждены заботиться о защите своей информации. В этом случае для снижения рисков есть смысл отказаться от покупки программы, подразумевающей внешнее сопровождение, к тому же еще и дорогостоящей. Кроме того, в условиях обеспечения импортозамещения зарубежных программных продуктов отечественными возникает необходимость разработки собственных информационных технологий, полностью отвечающих требованиям предприятия (или содержащих возможность соответствующей настройки) и имеющих локальный характер с интеграцией отдельных модулей, а также удобный интерфейс.

## Материалы и методы

Методологической основой исследования послужили труды ученых, занимающихся теоретическими и практическими вопросами в области логистики, систем управления, применения прикладных математических моделей, разработки программного обеспечения, информатизации и пр.

В процессе работы применялись методы системного анализа, логического подхода и синтеза, моделирования, алгоритмизации и др. Использовались официальные статистические данные, а также информационная среда «Яндекс-карт».

Опираясь на функции управления, можно вести речь о моделировании соответствующих бизнес-процессов логистики и их элементов. Так, используя подход, представленный в [15], приведем комплекс разработанных обобщенных моделей планирования при управлении грузопотоками [16]:

1) программа движения продукта:

$$PD = \left\{ m_i, GM_i, ds_i, dd_i, dv_i, int_i, p_c, \{k_{osr}\} \right\}_{i=1}^{Gp}$$

где  $i$  – идентификатор транспортной единицы;  $Gp$  – общее число грузопотоков;  $m_i$  – некоторый маршрут;  $GM_i$  – множество критериев грузопотока на маршруте  $m_i$ ;  $ds \in [t_{\min}, \dots, t_{\max}]$  – день начала движения транспорта  $i$ ;  $dd \in [t_{\min}, \dots, t_{\max}]$  – день доставки груза транспортом  $i$ ;  $dv \in [t_{\min}, \dots, t_{\max}]$  – день возвращения транспорта  $i$  на базу;  $int_i$  – длительность прохождения грузопотока  $i$ ;  $p_c$  – отдельное место назначения;  $\{k_{osr}\}$  – множество грузов, доставляемых в место назначения;

2) план грузопотока:

$$PG = \left\{ m_i, GM_i, \{g_k\}, \{PG_k\} \right\}_{i=1}^{Gp}$$

где  $i$  – идентификатор транспортной единицы;  $Gp$  – общее число грузопотоков;  $m_i$  – некоторый маршрут;  $GM_i$  – множество критериев грузопотока на маршруте  $m_i$ ;  $\{g_k\}$  – множество доставляемых грузов,  $\{PG_k\}$  – множество критериев доставляемых грузов  $\{g_k\}$ ;

3) план размещения грузов на складе:

$$PR = \{m_i, GM_i, \{g_k\}, \{PG_k\}, \{s_g\}\}_{i=1}^{Gp},$$

где  $i$  – идентификатор транспортной единицы;  $G_p$  – общее число грузопотоков;  $m_i$  – некоторый маршрут;  $GM_i$  – множество критериев грузопотока на маршруте  $m_i$ ;  $\{g_k\}$  – множество доставляемых грузов;  $\{PG_k\}$  – множество критериев доставляемых грузов  $\{g_k\}$ ;  $\{s_g\}$  – множество зон хранения грузов на складе.

Следует отметить, что при планировании грузопотока также эффективно применяется модель транспортной задачи, которую можно представить в виде [8; 16]:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min;$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = a_j; \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = b_i;$$

$$\forall x_{ij} \geq 0 \quad (i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}).$$

Матрица  $C = (c_{ij})_{m \times n}$  носит название матрицы цен или тарифов (также говорят о матрице издержек или транспортных расходов). Матрица  $X = (x_{ij})_{m \times n}$  – матрица грузоперевозок, где каждое число  $x_{ij}$  обозначает количество единиц груза, которое надо доставить из  $i$ -го пункта отправления в  $j$ -й пункт назначения. Ее также называют планом транспортной задачи.

Существуют особенности, выраженные в модификации модели из-за некоторых усложнений в постановке задачи, например, не во все пункты поездки могут быть осуществлены, по некоторым маршрутам есть ограничение в виде фиксированного количества груза и пр.

Реализуя непосредственно функцию организации при управлении грузопотоками, необходимо определиться с маршрутом перевозки грузов. В данной постановке можно использовать теорию графов [17] – следует соединить  $g$  городов (пунктов назначения, как конечных, так и промежуточных) автомобильными (или иными) дорогами так, чтобы суммарная длина была наименьшей. Для решения задачи используется способ построения экстремального дерева, основанный на последовательном введении в него ребер с приоритетом по минимуму их весов. Однако данный подход ограничен и малоэффективен в условиях риска и неопределенности.

При организации функции контроля грузопотоков наиболее перспективным на сегодняшний день является применение логистических операторов. В этом случае весь контроль (и управление) цепочкой поставок ведется одним логистическим провайдером [16]. Так как логистические операторы являются интеграторами логистических процессов высокого уровня, то требования к специалистам, их обслуживающим, соответствующие. Последнее время в России действовали такие мощные международные 3PL-провайдеры, как Panalpina World Transport, TNT N. V., GEFCO, P&O Trans European, FM Logistic, Kuhne&Nagel, Frans Maas, De Sammensluttede Vognmænd (DSV), A.P. Moller – Maersk Group, и др. Отмечается, что реализованная ими работа в торговле и промышленности позволила снизить логистические издержки на 8,2 %, сократить средний цикл заказа продукции с 10,7 до 8,4 дня [18]. Однако рынок данных услуг меняется в связи с санкционной политикой, вызвавшей необходимость активизации процессов импортозамещения.

Следует отметить, что сфера организации грузоперевозок малыми предприятиями должна быть гибкой и клиентоориентированной. В данном контексте существует необхо-

димось формирования схемы передвижения и использования условий транспортировки в соответствии с запросами потребителя, но не в ущерб самой компании. Кроме того, даже уже в «обкатанные» маршруты некоторые условия и внешние случайные факторы могут внести коррективы на основании индивидуальных особенностей грузов, доступности отдельных участков движения и пр. В этом случае изначально спланированный путь грузопотока может меняться, что требует от ЛПР, действующего в условиях риска и неопределенности, принятия оперативных управленческих решений. Также обращает на себя внимание тот факт, что все больше и больше возрастающая загруженность транспортных потоков вызывает необходимость создания, внедрения и использования современных систем управления рисками, однако не все руководители обладают нужными компетенциями в этой сфере. Специальных знаний требует и реализация внедрения передовых методов реинжиниринга бизнес-процессов в функционал современных транспортных предприятий. От этого зависит построение эффективной логистической стратегии, что в настоящее время становится необходимым условием получения балансного прогресса и существенных конкурентных преимуществ в области транспортных и логистических услуг. Таким образом, управление грузопотоками имеет системный характер, включающий комплексное решение многокритериальных задач посредством реализации декомпозиционных подходов и использования информационных технологий.

## Результаты исследования

На практике при управлении грузопотоком часто встречаются задачи, в которых в зависимости от начальных или промежуточных условий необходимо выполнить вычисления или действия различными способами. Кроме того, ЛПР в силу своей квалификации не всегда может владеть всем набором компетенций в области применения прикладных математических задач, а также использования программных средств. Поэтому на малом предприятии, занятом в сфере грузоперевозок, либо в фирме, обеспечивающей самостоятельно транспортировку грузов автомобильным транспортом в рамках своей экономической деятельности, предлагаем использовать интеллектуальную систему поддержки принятия решений при управлении грузопотоками (ИСППРУГ), включающую автоматизированные модули выбора и планирования маршрутов, заполнения путевых листов и пр. Основные блоки, подсистемы, модули и их логическая взаимосвязь представлены на рис. 1. В настоящем исследовании более подробно рассмотрена одна из разработанных подсистем, отвечающая за управление перевозкой грузов.

Следует отметить, что интеграция предлагаемых к использованию математических и инструментальных средств преследует цель достижения адаптационных свойств системы управления грузопотоками в условиях риска и неопределенности в обеспечении конкурентоспособности фирмы с учетом подбора оптимального объема, выбора направления грузоперевозок и запросов потребителя при ограничениях, связанных с автопарком и планируемым объемом получения прибыли.

Представим краткое описание поблочной реализации интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении грузопотоками.

На уровне первого блока дается постановка задачи и с целью ее последующей формализации формулируются критерии, согласно которым будет реализовано решение, а также строятся общие математические модели (часть из них представлена выше), характеризующие грузопотоки и оптимизирующие грузоперевозки.



Рис. 1. Основные блоки интеллектуальной системы и их логическая взаимосвязь

Второй блок системы отвечает за маршрутизацию и обеспечивает выбор непосредственного маршрута, организацию перевозки груза и контроль.

В подсистеме выбора маршрута предлагаем использовать информационную среду «Яндекс-карт», благодаря которой формируется набор реальных альтернатив (рис. 2).

Далее следует пошаговое применение разработанного нами алгоритма анализа альтернативных маршрутов, базирующегося на применении правил нечеткой логики с автоматизацией расчетов в среде Yandex DataLens (выбор данного инструментального средства обоснован возможностью синхронизации с «Яндекс-картами»). Используя математический аппарат, представленный в [19], выявлены характеристики возможных маршрутов (с привлечением экспертов), определены критерии, лингвистические переменные, сформулиро-

ваны правила нечеткой логики, вычислены функции принадлежности. С использованием импликации Лукасевича получены нечеткие отношения и построена иерархическая последовательность всех исследуемых маршрутов. Данный математический подход позволяет также учитывать различную важность критериев и самих правил, что дает возможность провести дополнительное ранжирование маршрутов по преимуществу с учетом присвоенной значимости отдельным показателям.

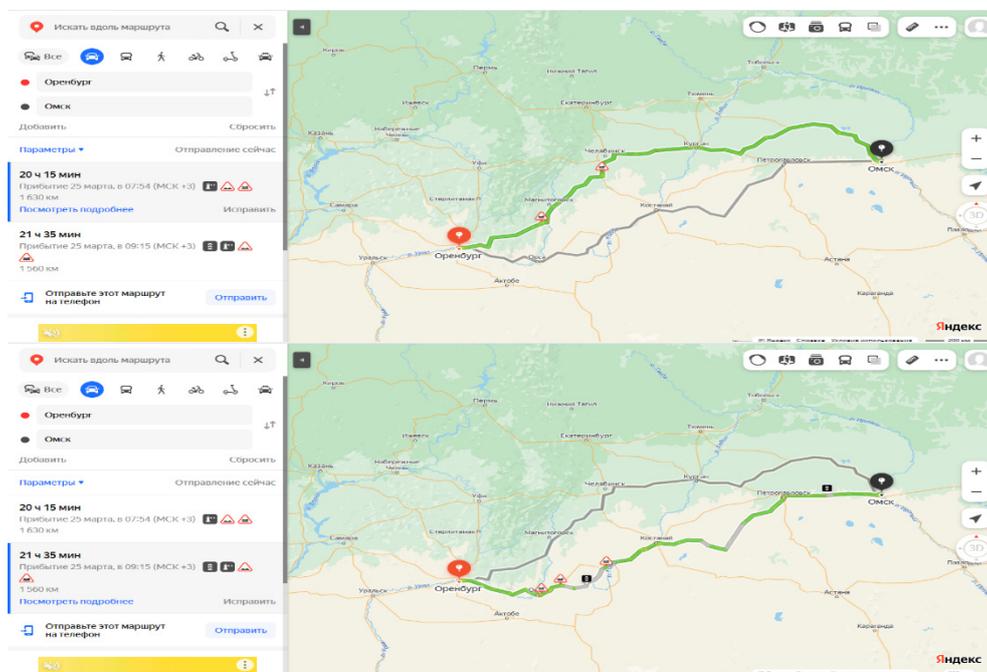


Рис. 2. Примеры маршрутов Оренбург – Омск

Совмещение возможностей автоматизации расчетов по правилам нечеткой логики с использованием «Яндекс-карт» и учетом качества и протяженности дорог позволят ЛПР выбрать и построить маршрут организации грузопотока таким образом, чтобы удовлетворить запросы заказчика и оптимизировать затраты (минимизировать время или расстояние, максимизировать прибыль и пр.).

При управлении процессом грузоперевозок в различных предприятиях одним из элементов, требующим непосредственной автоматизации, является документооборот, включающий в числе прочего заполнение и учет путевых листов. Данный процесс требует многократного повторения, поэтому наиболее подходящим для решения является применение циклических алгоритмов, что значительно снижает трудоемкость написания программ [20], при этом удобной формой их представления служит блок-схема. По результатам работы подсистемы выбора маршрута в рамках второго блока, отвечающего за маршрутизацию, в подсистеме управления процессом грузоперевозок происходит автоматическое формирование путевых листов, где также осуществляется отслеживание движения транспорта и подача информации в бухгалтерию компании. На рис. 3 представлена схема цифровизации процесса формирования путевых листов и контроля грузоперевозок.

На рис. 4 представлен алгоритм непосредственно процесса формирования путевого листа, положенный в основу разработанного и зарегистрированного программного продукта [21].

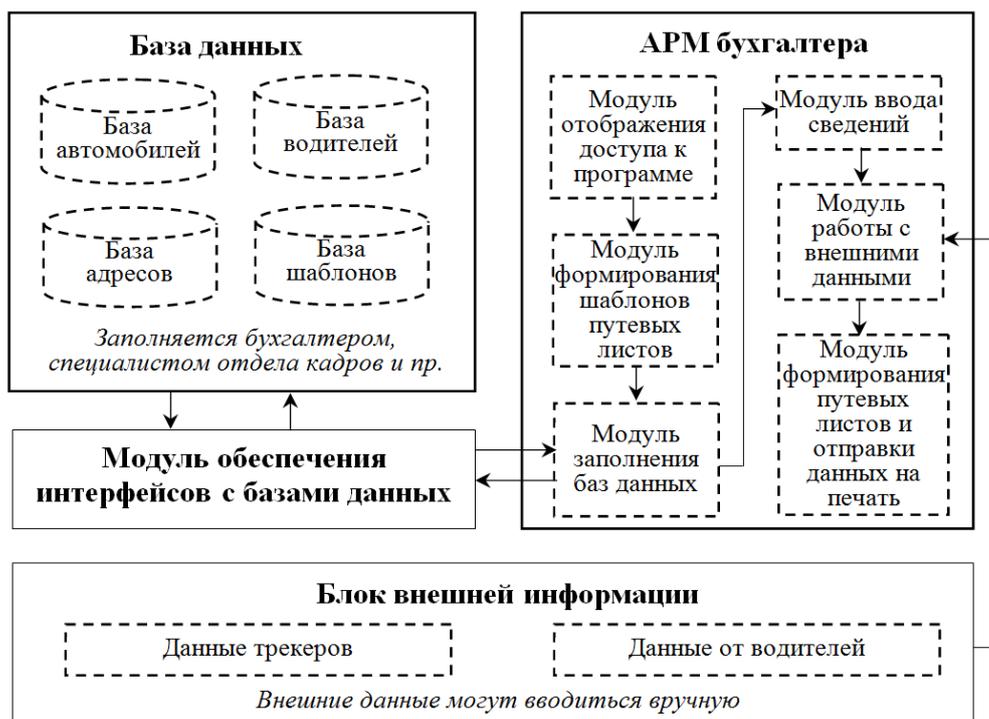


Рис. 3. Обобщенная функциональная схема цифровизации процесса формирования путевых листов и контроля грузоперевозок

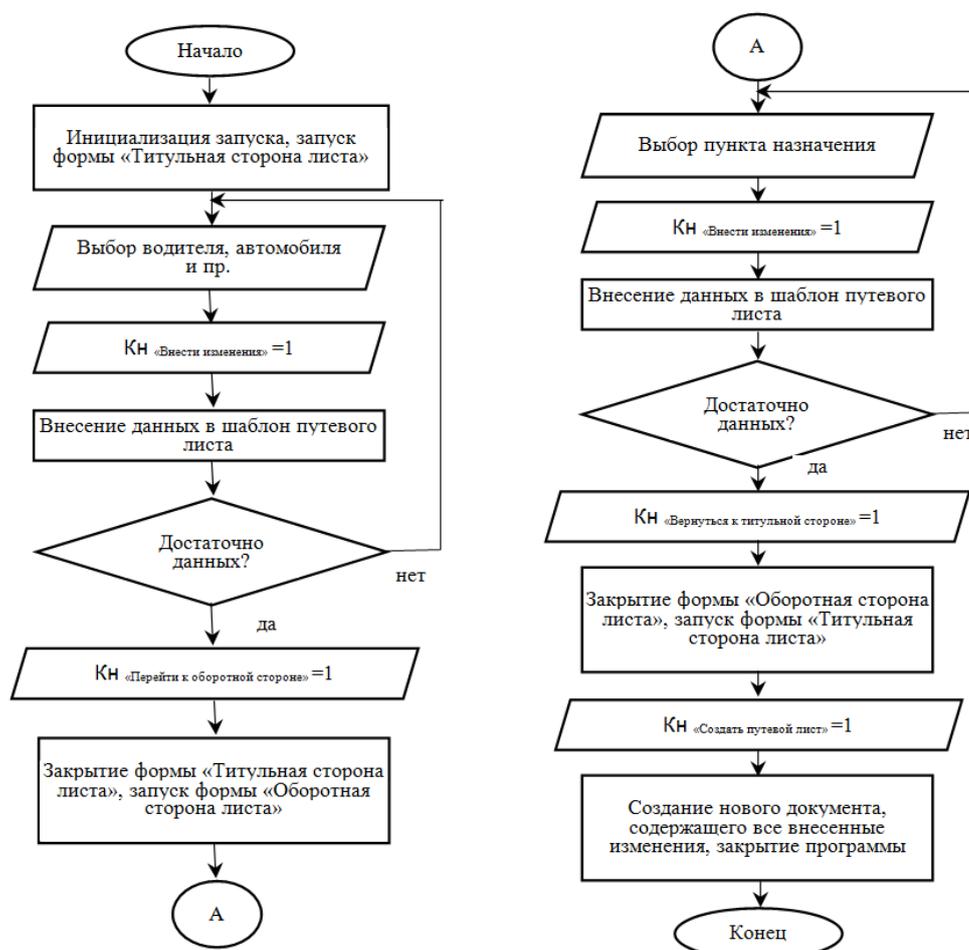


Рис. 4. Блок-схема алгоритма формирования путевого листа

Апробация цифровизации процесса формирования путевых листов и контроля грузоперевозок прошла в ряде предприятий г. Оренбурга, в том числе в строительной компании, использующей для транспортировки собственный автопарк. Реализация программы осуществлялась в составе автоматизированного рабочего места, представляющего собой совокупность аппаратно-программных средств, предназначенных для управления грузопотоками. В процессе эксплуатации определено, что ее применение способствовало снижению числа ошибок относительно ручного заполнения путевых листов, а также повышению производительности труда сотрудников предприятия посредством исключения совокупности последовательных однотипных действий. Отслеживание движения транспорта с учетом выбранного маршрута в условиях функционирования подсистемы управления процессом грузоперевозок осуществлялось при помощи трекеров.

Третий блок ИСППРУГ представляет собой комплекс методов и средств, позволяющих провести многоаспектную оценку эффективности внедрения предложенной интеллектуальной системы как с точки зрения технических характеристик, так и пользовательских, а также достижения экономического эффекта относительно оптимизации расходов компании и удовлетворения потребителя.

## Заключение

Сфера разработки программного обеспечения для сопровождения целого ряда производственных процессов развивается быстрыми темпами. Востребованными на сегодняшний день являются автоматизированные технологии, призванные обеспечить ЛПП необходимым инструментарием для управления процессами сбора информации, анализа, выбора, планирования и пр. с целью достижения наиболее выгодного результата экономической деятельности компании. Цифровизация в сфере управления грузопотоками и непосредственно организации перевозки грузов требует на сегодняшний день не только активного внедрения информационных технологий, но и разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений, направленных на комплексное применение, обладающих гибкими настроечными функциями для обеспечения оптимизации функционирования предприятия, занятого в сфере грузоперевозок и действующего в конкурентной среде в условиях риска и неопределенности. Повышение эффективности транспортно-логистической системы связано не только с техническими, технологическими и экономическими проблемами, но и с обеспечением отрасли высококвалифицированными кадрами, наделенными компетенциями как в сфере базовых знаний, так и в области владения информационными технологиями. Кроме того, в условиях санкционной политики необходима разработка отечественного программного обеспечения, ориентированного на сферу грузоперевозок. В связи с этим разработанная интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении грузопотоками, показавшая при апробации ряда компонентов технологическую и экономическую эффективность, может иметь широкую практику использования, особенно предприятиями, самостоятельно ведущими деятельность по организации грузоперевозок автомобильных транспортом.

## Список литературы

1. Дитрих Е.И. Транспортная отрасль обеспечивает до 7 % ВВП России // Отраслевой журнал Вестник. – 2020. – № 3-4 (120-121). – С. 124–125.
2. Состояние и перспективы развития отрасли грузоперевозок, итоги 2021 года [Электронный ресурс] // Официальный сайт РУКОН АФК. – URL: <http://afk.rukon.ru/analitika/post-1568/?ysclid=le5o5hntf803761046> (дата обращения: 15.02.2023).

3. Меркулова И.П. Мультимодальные перевозки в России: опыт, проблемы, перспективы [Электронный ресурс] // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2018. – № 2. – URL: <http://mnv.irgups.ru/toma/22–2018> (дата обращения: 30.01.2023).
4. Speziylova N.V., Speziylov E.A. Анализ состояния транспортной отрасли и проблемы развития логистических систем в России в условиях цифровизации // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 2 (139). – С. 670–674.
5. Application of Intelligent Algorithms for the Development of a Virtual Automated Planning Assistant for the Optimal Tourist Travel Route / N. Yanishevskaya, L. Kuznetsova, K. Lokhacheva, L. Zabrodina, D. Parfenov, I. Bolodurina // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. – Vol. 1126: AISC 2020: Proceedings of the 3rd International Conference of Artificial Intelligence, Medical Engineering, Education, AIMEE 2019, 1-3 October 2019, Moscow, Russian Federation / eds: Z. Hu, S. Petoukhov, M. He. – Electronic data. – P. 13–22.
6. Тарасенко Е.А., Карх Д.А., Тяпухин А.П. Управление логистическими системами: монография. – М.: Издательство «КноРус», 2021. – 156 с.
7. Структура государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» в 2021–2024 годах [Электронный ресурс] // Постановление Правительства РФ от 30 марта 2021 г. № 483 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Развитие транспортной системы». – URL: <https://base.garant.ru/400697145/?ysclid=leva24tron485061134> (дата обращения: 15.02.2023).
8. Экономико-математические методы и модели в принятии оптимальных решений: учеб. пособие / Н.В. Speziylova, Е.В. Шеврина, О.А. Корабейникова и др.; под общ. ред. проф. Н.В. Speziyloy. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство «Омега-Л»; Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2015. – 396 с.
9. Козлов П.А., Владимирская И.П. Методы оптимизации взаимодействия железнодорожного и морского транспорта // Транспорт Российской Федерации. – 2009. – № 1 (2). – С. 53–55.
10. Буянова, Л.Н., Королева Е.А. Инновационные подходы к управлению грузопотоками на водном транспорте // Транспортное дело России. – 2017. – № 5. – С. 49–51.
11. Speziylov E.A. Анализ данных, автоматизация и имитационное моделирование при управлении грузоперевозками в условиях неопределенности // Материалы международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация социальных и экономических систем» (Москва, 27 января 2023 года). – М.: изд. ЧОУВО Изд-во «МУ им. С.Ю. Витте», 2023. – С. 582–587.
12. Болодурина И.П., Нугуманова А.А. Фильтр Винера как метод вторичной обработки информации с системы ГЛОНАСС // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2016. – № 8. – С. 79–83.
13. Отчет по Государственному контракту № УД-47/261 от 07.10.2009 г., на выполнение НИР по проекту: «Разработка концепции создания интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах федерального значения» [Электронный ресурс]. – URL: <https://100-bal.ru/sport/230165/index.html> (дата обращения: 22.02.2023).
14. Молоканова А.В. Тенденции развития систем управления транспортировками (TMS) [Электронный ресурс] // Молодой исследователь дона. – 2018. – № 6 (15). – С. 44–47. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-razvitiya-sistem-upravleniya-transportirovkami-tms?ysclid=lev8medxur547338428> (дата обращения: 22.02.2023).

15. Лахин О.И. Особенности постановки задачи планирования программы полета и грузопотока российского сегмента международной космической станции // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2015. – Т. 23, № 3. – С. 32–46.

16. Трипкош В.А., Спешилов Е.А. Модельное представление организации грузопотоков транспортной компании в рамках реализации логистической стратегии // Сборник материалов X Всероссийской конференции с международным участием «Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии» (Оренбург, 18–19 ноября 2021 года). – Оренбург, 2021. – С. 385–389.

17. Буркатовская Ю.Б. Теория графов [Электронный ресурс]. – URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/t/TRACEY/Courses/DisMath/Tab/Теория%20графов.pdf> (дата обращения: 12.01.2023).

18. Курманова Е.Л. 3PL-провайдер – основа становления рынка транспортно-логистических услуг // Вестник университета. – 2013. – № 2. – С. 61–64.

19. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.

20. Якубов А.Р. Алгоритмизация систем оперативного управления транспортно-технологическими комплексами и ее применение на карьерах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 1984 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dissercat.com/content/algoritmizatsiya-sistem-operativnogo-upravleniya-transportno-tehnologicheskimi-kompleksami-i> (дата обращения 12.01.2023)

21. Путевой Лист / В.Н. Шепель, Р.Р. Рахматуллин, В.А. Трипкош, Е.А. Спешилов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ, № 2021660670, Роспатент, 30.06.2021.

## References

1. Ditrikh E.I. Transportnaia otrasl' obespechivaet do 7% VVP Rossii [The transport industry contributes up to 7% of GDP of Russia]. *Otraslevoi zhurnal Vestnik*, 2020, no. 3-4 (120-121), pp. 124–125.

2. The state and prospects of the development of the cargo transportation industry, the results of 2021, available at: <http://afk.rukon.ru/analitika/post-1568/?ysclid=le5o5hmitf803761046> (accessed 15 February 2023)

3. Merkulova I.P. Mul'timodal'nye perevozki v Rossii: opyt, problemy, perspektivy [Multimodal transportation in Russia: experience, problems, prospects]. *Young science of Siberia: electron. scientific journal*, 2018, no. 2, available at: <http://mnv.irgups.ru/toma/22-2018> (accessed 30 January 2023)

4. Speshilova N.V., Speshilov E.A. Analiz sostoianiiia transportnoi otrasli i problemy razvitiia logisticheskikh sistem v Rossii v usloviiakh tsifrovizatsii [Analysis of the state of the transport industry and the problems of the development of logistics systems in Russia in the context of digitalization]. *Economics and entrepreneurship*, 2022, no. 2 (139), pp. 670–674.

5. Yanishevskaya N., Kuznetsova L., Lokhacheva K., Zabrodina L., Parfenov D., Bolodurina I. Application of Intelligent Algorithms for the Development of a Virtual Automated Planning Assistant for the Optimal Tourist Travel Route. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020, Vol. 1126, pp. 13–22.

6. Tarasenko E.A., Karkh D.A., Tiapukhin A.P. Upravlenie logisticheskimi sistemami [Logistics systems management]. Moscow, KnoRus Publishing House, 2021, 156 p.

7. Structure of the state program of the Russian Federation «Development of the transport system» in 2021-2024. Decree of the Government of the Russian Federation of March 30, 2021 № 483 «On Amendments to the state program of the Russian Federation «Development of the transport system», available at: <https://base.garant.ru/400697145/?ysclid=leva24tron485061134>

8. Speshilova N.V., Shevrina E.V., Korabeinikova O.A., et al. *Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v priniatii optimal'nykh reshenii* [Economic and mathematical methods and models in making optimal decisions], 2nd ed. Moscow, Omega-L Publishing House; Orenburg, Orenburg State Agrarian University, Publishing Center, 2015, 396 p.

9. Kozlov P.A., Vladimirskaya I.P. *Metody optimizatsii vzaimodeistviia zheleznodorozhnogo i morskogo transporta* [Methods of optimizing the interaction of railway and sea transport]. *Transport of the Russian Federation*, 2009, no.1 (2), pp. 53–55.

10. Buianova L.N., Koroleva E.A. *Innovatsionnye podkhody k upravleniiu gruzopotokami na vodnom transporte* [Innovative approaches to cargo traffic management on water transport]. *Transport business of Russia*, 2017, no. 5, pp. 49-51.

11. Speshilov E.A. *Analiz dannykh, avtomatizatsiia i imitatsionnoe modelirovanie pri upravlenii gruzoperevozkami v usloviakh neopredelennosti* [Data analysis, automation and simulation modeling in cargo transportation management under conditions of uncertainty]. *Materials of the international scientific and practical conference «Digital Transformation of Social and Economic systems»* (Moscow, January 27, 2023). Moscow, Moscow University named after S.Yu. Witte, 2023, pp. 582-587.

12. Bolodurina I.P., Nugumanova A.A. Wiener filter as a method of secondary processing of information from the GLONASS system. *Intelligence. Innovation. Investment*, 2016, no. 8, pp. 79-83.

13. Report on the State Contract No. UD-47/261 dated 07.10.2009, for the implementation of research on the project: «Development of the concept of creating an intelligent transport system on federal highways», available at: <https://100-bal.ru/sport/230165/index.html> (accessed 22 February 2023).

14. Molokanova A.V. *Tendentsii razvitiia sistem upravleniia transportirovkami (TMS)* [Trends in the development of transportation management systems (TMS)]. *Young researcher of the Don*, 2018, no. 6 (15), pp. 44-47.

15. Lakhin O.I. *Osobennosti postanovki zadachi planirovaniia programmy poleta i gruzopotoka rossiiskogo segmenta mezhdunarodnoi kosmicheskoi stantsii* [Features of the formulation of the task of planning the flight program and cargo flow of the Russian segment of the International Space Station]. *Bulletin of the Samara State Technical University. The series «Technical Sciences»*, 2015, vol. 23, no. 3, pp. 32-46.

16. Tripkosh V.A., Speshilov E.A. *Model'noe predstavlenie organizatsii gruzopotokov transportnoi kompanii v ramkakh realizatsii logisticheskoi strategii* [Model representation of the organization of cargo flows of a transport company within the framework of the implementation of a logistics strategy]. *Collection of materials of the X All-Russian conference with international participation «Computer integration of production and IPI-technologies»* (Orenburg, November 18-19, 2021), pp. 385-389.

17. Burkatovskaya Iu.B. *Teoriia grafov. Chast' 1.* [Graph Theory. Part 1]. Tomsk, Publisher of Tomsk Polytechnic University, 2014, 213 p.

18. Kurmanova, E.L. 3PL-provaider – osnova stanovleniia rynka transportno-logisticheskikh uslug [3PL-provider – the basis of the formation of the market of transport and logistics services]. *Bulletin of the University*, 2013, no.2, pp. 61–64.

19. Andreichikov A.V., Andreichikova O.N. Analiz, sintez, planirovanie reshenii v ekonomike [Analysis, synthesis, decision planning in economics]. Moscow, Finance and Statistics, 2000, 368 p.

20. Iakubov A.R. Algoritmizatsiia sistem operativnogo upravleniia transportno-tekhnologicheskimi kompleksami i ee primenenie na kar'erakh [Algorithmization of operational management systems of transport and technological complexes and its application in quarries]. Abstracts of Ph.D. thesis. Tashkent, 1984, 18 p.

21. Shepel' V.N., Rakhmatullin R.R., Tripkosh V.A., Speshilov E.A. PutevoiList [TourGuide]. Certificate of official registration of a computer program, no. 2021660670, Rospatent, 30 June 2021.