

Экономика и управление

Economics and Management

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-3-226-232>

Оригинальная статья / Research article

УДК 338

Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru

Экономико-математическая модель решения логистических задач бизнес-процессов в технологических системах

Людмила А. Коробова	¹	lyudmila_korobova@mail.ru	 0000-0003-1349-732X
Елена Н. Ковалева	¹	kovaleva.lena@gmail.com	 0000-0002-8558-4724
Екатерина А. Саввина	¹	katenok2207@yandex.ru	 0000-0002-0728-8313
Татьяна В. Гладких	¹	gtv1311@mail.ru	 0000-0002-1935-8753
Ирина С. Толстова	¹	irin2102ka@mail.ru	 0000-0002-2804-3067
Оксана О. Лукина	¹	oks.lukina@gmail.com	 0000-0003-2658-1512

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Логистика для большинства предприятий на микроуровне весьма востребована и актуальна, так как оптимальный подход и принципы позволяют значительно снизить издержки, связанные с управлением самых разнообразных потоков: материальных ресурсов, денежных средств, информации, транспорта, энергии и многого другого, а также более эффективно и упорядоченно планировать, организовывать потоковые процессы. В этой связи в статье рассматривается актуальная задача разработки модели планирования маршрутов, позволяющей устанавливать информацию о движении груза с определением кратчайшего пути. В статье авторами предложена комплексная оптимизационная экономико-математическая модель, позволяющая определить оптимального поставщика для каждого потребителя конкретного вида готовой продукции с наименьшими транспортными расходами для предприятия-производителя продукции. Применение экономико-математического моделирования позволяет решить задачу планирования маршрутов, чтобы собирать информацию о движении груза в онлайн-режиме, составлять расписание рейсов, легко создавать отчеты и документы для логистики предприятия. Благодаря автоматическому учету этих и других параметров построенные маршруты будут оптимальными. По опыту наших предприятий-партнеров, это экономит до 20% транспортных расходов. Подсистема управления логистикой распределяет работу таким образом, чтобы исполнители прибывали в места назначения в удобных для получателя окнах доставки. Система распределяет работу и рассчитывает время прибытия с учетом множества факторов: требований к транспортному средству и его типу, информации об исторических пробках, особенностях и условиях работы каждого водителя. Подсистема «Управление логистикой» в режиме реального времени отслеживает процесс доставки и при появлении нового заказа анализирует текущее местонахождение и загруженность персонала. На основе этой информации система предлагает наиболее подходящего подрядчика и вносит изменения в маршрут движения.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, продукция, поставщик, потребитель, транспортировка, затраты предприятия, кластерный анализ, кластер, транспортная задача, логистика предприятий, задача оптимизации

Economic and mathematical model for solving logistics problems of business processes in technological systems

Lyudmila A. Korobova	¹	lyudmila_korobova@mail.ru	 0000-0003-1349-732X
Elena N. Kovaleva	¹	kovaleva.lena@gmail.com	 0000-0002-8558-4724
Ekaterina A. Savvina	¹	katenok2207@yandex.ru	 0000-0002-0728-8313
Tatyana V. Gladkikh	¹	gtv1311@mail.ru	 0000-0002-1935-8753
Irina S. Tolstova	¹	irin2102ka@mail.ru	 0000-0002-2804-3067
Oksana O. Lukina	¹	oks.lukina@gmail.com	 0000-0003-2658-1512

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Logistics for most enterprises at the micro level is highly demanded and relevant, since the optimal approach and principles can significantly reduce the costs associated with managing a wide variety of flows: material resources, money, information, transport, energy and much more, as well as more efficiently and orderly plan, organize streaming processes. In this regard, the article discusses the urgent task of developing a route planning model that allows you to establish information about the movement of cargo with the definition of the shortest path. In the article, the authors propose a comprehensive optimization economic and mathematical model that allows you to determine the optimal supplier for each consumer of a specific type of finished product with the lowest transportation costs for the manufacturing enterprise. The use of economic and mathematical modeling allows you to solve the problem of route planning in order to collect information about the movement of cargo online, draw up a flight schedule, and easily create reports and documents for enterprise logistics. Thanks to automatic accounting of these and other parameters, the constructed routes will be optimal. According to the experience of our partner companies, this saves up to 20% of transport costs. The logistics management subsystem distributes work in such a way that performers arrive at their destinations in delivery windows convenient for the recipient. The system distributes work and calculates the arrival time taking into account many factors: requirements for the vehicle and its type, information about historical traffic jams, the characteristics and working conditions of each driver. The "Logistics Management" subsystem monitors the delivery process in real time and, when a new order appears, analyzes the current location and workload of personnel. Based on this information, the system proposes the most suitable contractor and makes changes to the route.

Keywords: economic and mathematical modeling, products, supplier, consumer, transportation, enterprise costs, cluster analysis, cluster, transport problem, enterprise logistics, optimization problem

Для цитирования

Коробова Л.А., Ковалева Е.Н., Саввина Е.А., Гладких Т.В., Толстова И.С., Лукина О.О. Экономико-математическая модель решения логистических задач бизнес-процессов в технологических системах // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 226–232. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-226-232

For citation

Korobova L.A., Kovaleva E.N., Savvina E.A., Gladkikh T.V., Tolstova I.S., Lukina O.O. Economic and mathematical model for solving logistics problems of business processes in technological systems. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 226–232. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-226-232

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Большинство предприятий объективно расставляют приоритеты в маркетинге, и продажи находятся на переднем крае бизнеса, однако логистические потери часто приводят к финансовым потерям. Таким образом, своевременное наведение порядка в логистических подразделениях позволяет организовать точность учета, тем самым повысить приоритет предприятия на рынке поставщиков и покупателей [1, 2].

Основными стратегическими задачами логистики являются: оптимизация логистических затрат; оптимизация маршрута движения автомобиля; сокращение времени обработки заказа; количества сотрудников, работающих в отделе логистики; повышение подотчетности и проведение мониторинга текущих показателей; повышение качества услуг [3, 4].

Большинство специалистов по логистике на вопрос о том, можно ли в программном обеспечении предприятия внедрить систему автоматизированного контроля за эффективным использованием транспортных средств, отвечают утвердительно, поскольку без программного обеспечения при планировании движения даже одной машины количество ошибок и просчетов будет уменьшать выгоду от объема экспортируемых товаров [5, 6].

Предприятия с филиалами, разделенными географически, должны четко и правильно выстраивать маршруты движения транспортных средств. Необходимость быстрой и своевременной доставки сырья (от поставщиков и с собственных складов и перемещения между ними) приводит к повышению качества и скорости производства (товаров), а также привлекательности организации в глазах клиентов и, в конечном итоге, увеличению прибыли. В связи с этим промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью повышения качества и скорости работы собственной службы доставки или логистических служб. В обязанности логистики входит расчет оптимального пути, минимизация затрат на доставку, заключение договоров с поставщиками и покупателями, что требует больших временных затрат. Отсюда необходимость решения транспортной проблемы, логистической проблемы для ведения бизнес-процессов при внедрении интегрированных экономических и управленческих систем [7].

Материалы и методы

Транспортная задача относится к классу задач линейного программирования и поэтому обладает всеми качествами задач линейной

оптимизации, но в то же время имеет несколько дополнительных полезных свойств, которые позволили разработать специальные методы ее решения [8, 9].

Математическая модель транспортной задачи выглядит следующим образом:

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

Математическое описание полной инвентаризации поставщиков транспортных услуг представляет собой систему равенств:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, \dots, m.$$

Математическое описание удовлетворения запросов потребителей выражается соотношением:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, n$$

Условие неотрицательности всех переменных задачи имеет вид:

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n.$$

Далее необходимо добавить математическое описание общей инвентаризации поставщиков и потребителей с указанием типов задачи. Если происходит равенство, то у нас тип задачи с правильным балансом, и модель закрыта, если не соблюдается, то модель имеет вид:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j.$$

Этапы решения транспортных задач методом потенциалов показаны на рисунке 1.

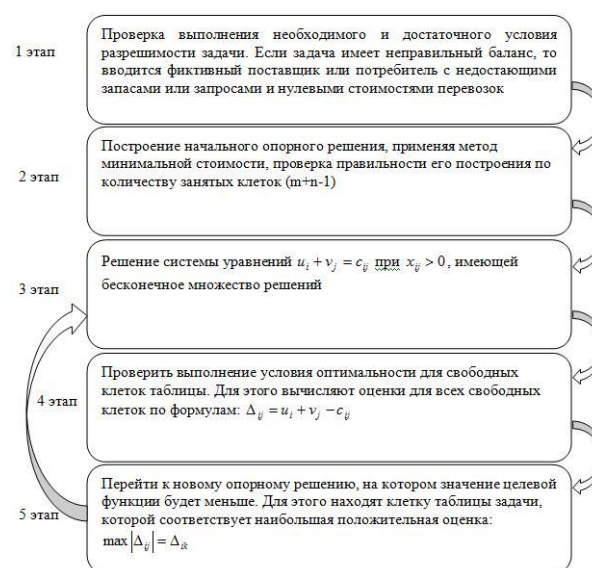


Рисунок 1. Этапы решения транспортных задач методом потенциалов

Figure 1. Stages of solving transport problems by the method of potentials

Для решения транспортной задачи мы решили отойти от классических методов ее решения из-за огромного количества параметров, которые необходимо учитывать при решении задачи и обратились к методам кластерного анализа, позволяющим выявить наиболее значимые факторы, определяющие движение транспортных средств и упрощающие постановку транспортной задачи [10, 11].

Кластерный анализ – это многомерная статистическая процедура, которая выполняет сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, а затем «собирает» объекты в относительно однородные группы. Алгоритм k-средних работает итеративно, чтобы назначить каждую точку данных одной из k групп. Точки данных группируются на основе сходства объектов [12, 13]. Результаты кластеризации алгоритма k-средних получаются из алгоритма:

- необходимо получить центроиды k кластеров, которые можно использовать для маркировки новых данных;
- получить метки для обучающих данных.

Перед проведением процедуры анализа данных, их кластеризация позволяет найти и проанализировать правильно сформированные группы объектов. Каждый центроид кластера – это набор объектов, которые определяют результат группы. Изучение весов центроидов может быть использовано для качественной интерпретации того, что группа представляет единый кластер.

Алгоритм кластеризации k-means включает:

- общие бизнес-кейсы, в которых мы используем k-means;
- шаги, связанные с выполнением алгоритма;
- использование данных для доставки.

Алгоритм кластеризации используется для поиска групп, которые не были явно отмечены в данных. Это можно использовать для подтверждения бизнес-предположений о том, какие типы данных существуют, или для идентификации неизвестных групп в сложных наборах данных [14-16]. После запуска алгоритма и определения групп данных любые новые данные можно легко перевести в нужную группу.

Это универсальный алгоритм, который можно использовать для группировки данных любого типа, как показано на рисунке 2.

Кроме того, этот алгоритм поддерживает возможность мониторинга, если отслеживаемые точки данных меняются между группами с течением времени, а также может использоваться для обнаружения значительных изменений в наборе данных [17-19].

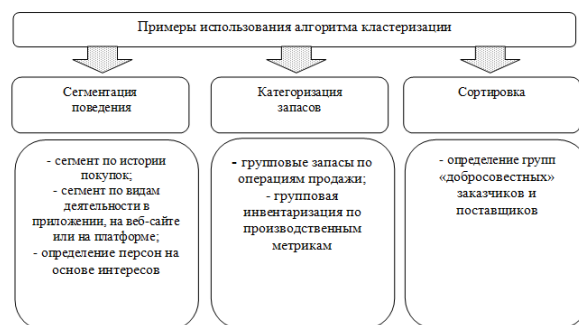


Рисунок 2. Примеры использования алгоритма кластеризации k-средних

Figure 2. Examples of using the k-means clustering algorithm

Результаты

В алгоритме кластеризации k-средних мы использовали итеративное уточнение для получения окончательного результата. Для кластеризации входными данными были: количество кластеров k и набор данных. Набор данных состоял из набора объектов для каждой точки данных. Алгоритм начинается с начальных оценок k центроидов, которые случайным образом выбираются из набора данных. Затем алгоритм был разбит на два шага, показанных на рисунке 3.

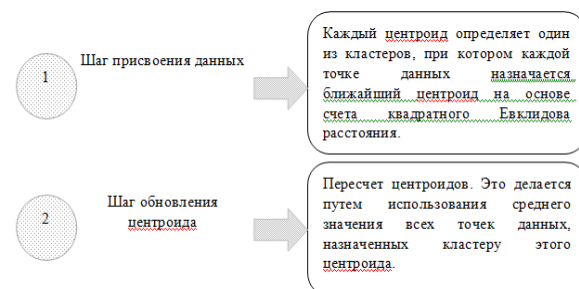


Рисунок 3. Алгоритм кластерного анализа методом k-средних

Figure 3. Algorithm for k-means cluster analysis

Алгоритм повторяется между шагами один и два до тех пор, пока не будет остановлен. Критерий остановки: никакие точки данных не изменяют кластеры, сумма расстояний сведена к минимуму, или не будет достигнуто некоторое максимальное количество итераций.

Гарантированная сходимость этого алгоритма приводит к результату, необходимому при ведении технологических процессов. Результатом может быть локальный оптимум (т.е. не обязательно наилучший возможный результат), что означает, что оценка более чем одного прогона алгоритма с рандомизированными начальными центроидами может дать лучший результат.

Одним из показателей, который мы использовали для сравнения результатов для различных значений k - средних, было расстояние между точками данных и их центроидами кластера.

Рассмотрим эволюцию решений транспортной задачи и проследим ее движение от простого к сложному. Уже с появлением двух поставщиков, находящихся в разных уголках страны, возникнут первые трудности в решении транспортной проблемы. Необходим расчет и сравнение нескольких вариантов предотвращения ненужной перевозки на дальние расстояния, выполняемый с использованием экономико-математического моделирования и компьютерных технологий.

Для формирования маршрутного листа требуется построить маршрут движения автомобиля. В свою очередь, для построения маршрута необходимо проверить грузоподъемность доставляемых товаров в имеющихся транспортных средствах. Если товар не помещается в автомобиле, необходимо разделить существующие точки доставки на группы или кластеры. Каждый кластер элементов имеет общую характеристику, а именно близость расстояния по отношению друг к другу. Для кластеризации используется механизм k -средних, встроенный в технологическую платформу «1С: Предприятие 8.3» [20].

После проведения кластеризации на выходе формируются два кластера, из которых выбирается тот, у которого общий вес доставляемых товаров минимален. После выбора кластера вводятся весогабаритные параметры доставляемых товаров и выполняется итерация по имеющимся транспортным средствам в случае заполнения всех имеющихся товаров. Далее точку доставки из выбранного кластера нужно выстроить в том порядке, в котором будет осуществляться доставка товара. Для этого воспользуйтесь математическим методом до ближайшего соседа. От точки расположения склада производится поиск ближайшего кластера к конечным точкам. Если масса или габариты поставляемого товара превышают грузоподъемность транспортного средства, баллы добавляются в список до тех пор, пока стоимость товара не превышает заложенные в алгоритм параметры. При добавлении баллов в переменные записывается сумма масс доставленных товаров и их габариты. После формирования отгрузочной ведомости формируется маршрутная квитанция, в которую заносится информация о доставленном товаре, его количестве и адресе доставки.

Алгоритм использования метода кластеризации представлен на рисунке 4.

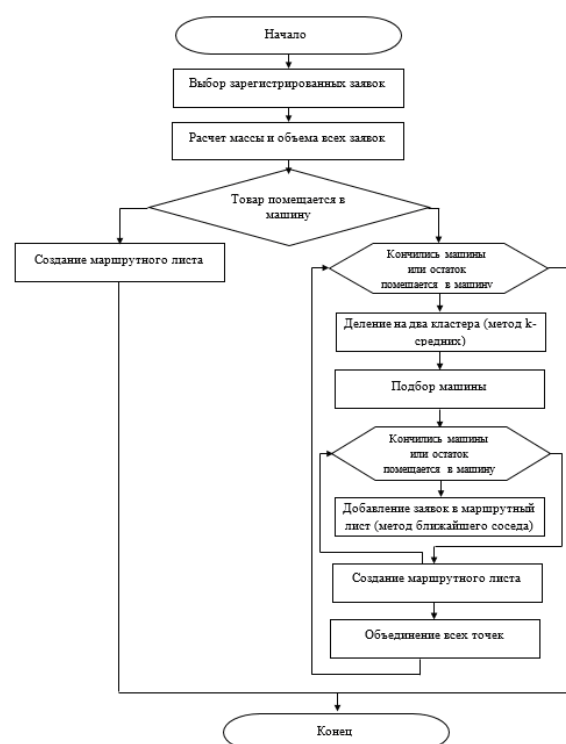


Рисунок 4. Алгоритм процесса заполнения заявки на доставку с помощью кластерного анализа

Figure 4. Algorithm of the process of filling out a delivery request using cluster analysis

Заключение

С внедрением автоматизированной системы управления транспортировкой грузов при проведении бизнес-процессов в организациях появится возможность в любой момент получать актуальную картину выполнения заказов клиентов, позволит логистам оптимально управлять доставкой грузов на предприятия. Функциональные возможности автоматизированной системы управления логистическими процессами показаны на рисунке 5.

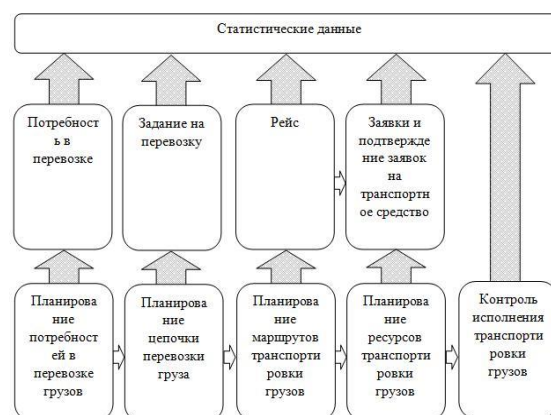


Рисунок 5. Функциональные возможности автоматизированной системы управления логистикой

Figure 5. Functionality of the automated logistics management system

Информационный поток напрямую контролирует как финансовый поток, так и физическое движение товаров. Информация является неотъемлемым и решающим фактором эффективности управления логистикой, а задачи повышения прозрачности логистической деятельности, ее гибкости и эффективности становятся приоритетными для бизнеса.

Бизнес-возможности по внедрению интегрированных информационных и управленческих систем представлены на рисунке 6.

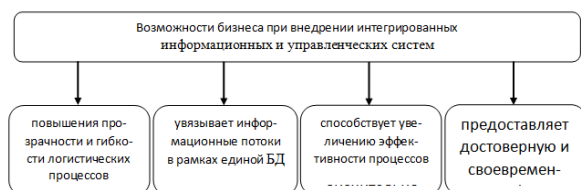


Рисунок 6. Возможности бизнеса при внедрении интегрированных информационных и управленческих систем

Figure 6. Business opportunities in the implementation of integrated information and management systems

Таким образом, метод кластеризации может быть использован для решения транспортной задачи. Построение реальных маршрутов и сравнение их с запланированными закрывает целый ряд проблем. Это дает руководителю гарантию добросовестности персонала и дает возможность корректировать коэффициенты и начальные условия, заданные программой для расчета. Если у руководителя среднее время погрузки и разгрузки товаров больше, чем ожидалось, или некоторые дороги, включенные в маршрут, закрыты, то их нужно исключить из маршрутов. В результате у нас есть удобный

мониторинг работы в транспортной логистике предприятия за счет возможности сравнения запланированного маршрута и фактических данных. Руководитель видит фактический маршрут и пробег автомобиля. Информация о опозданиях и отклонениях от маршрута отображается на карте.

Ведение стабильных и понятных бизнес-процессов компанией, предоставление актуальных данных о состоянии заказов и загруженности ресурсов, восстановление порядка в документах, а также оптимизация взаимодействия между отделами – осязаемое повышение эффективности логистики предприятия.

Благодаря автоматическому учету этих и других параметров построенные маршруты будут оптимальными. По опыту наших предприятий-партнеров, это экономит до 20% транспортных расходов.

Подсистема управления логистикой распределяет работу таким образом, чтобы исполнители прибывали в места назначения в удобных для получателя окна доставки. Система распределяет работу и рассчитывает время прибытия с учетом множества факторов: требований к транспортному средству и его типу, информации об исторических пробках, особенностях и условиях работы каждого водителя.

Подсистема «Управление логистикой» в режиме реального времени отслеживает процесс доставки и при появлении нового заказа анализирует текущее местонахождение и загруженность персонала. На основе этой информации система предлагает наиболее подходящего подрядчика и вносит изменения в маршрут движения.

Литература

- 1 Шохнех А.В. Математические методы оценки экономической безопасности хозяйствующих субъектов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2012. № 6 (42).
- 2 Краев В.Н. Методы принятия управленческих решений // Управление, подбор персонала. 2014. С. 67.
- 3 Якимов М. Концепция транспортного планирования и организации движения в крупных городах. 2017.
- 4 Бестембек Е.С., Секербаева А.Ф. Задачи исследования и разработки многофакторной модели транспортно-складских решений // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения. 2016. С. 156.
- 5 Бестембек Е.С., Секербаева А.Ф. Разработка алгоритма решения многофакторной модель транспортной и складской задач при механизации строительных работ // Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации. 2015. С.196.
- 6 Бестембек Е.С., Секербаева А. Ф., Рамазан Б. А. Анализ существующих методов решения транспортной и складской задач // Молодой ученый. 2016. № 27. С. 506-509.
- 7 Bukharin S.V., Melnikov A.V., Chernyaeva S.N., Korobova L.A. The method of immersion the problem of comparing technical objects in an expert shell in the class of artificial intelligence algorithms // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Conference on Materials. 2017. P. 012208.
- 8 Grant R.M. Contemporary strategy analysis. Oxford: Blackwell Publishing, 2002. 551 p.
- 9 Ireland R., Hitt M. Achieving and maintaining strategic competitiveness in the 21st century: The role of strategic leadership // Academy of Management Executive. 2005. № 4 (19). P. 63-77.
- 10 Snowdon B., Stonehouse G. Competitiveness in globalized world: Michael Porter on the Microeconomic Foundations of the Competitiveness of Nations, Regions and Firms // Journal of International Business Studies. 2006. № 2 (37). P. 163-175.

- 11 Dey P.K., Petridis N.E., Petridis K., Malesios C. et al. Environmental management and corporate social responsibility practices of small and medium-sized enterprises // Journal of cleaner production. 2018. № 195. P. 687–702.
- 12 Collings D.G., Mellahi K., Cascio W.F. Global talent management and performance in multinational enterprises: A multilevel perspective // Journal of Management. 2019. № 45 (2). P. 540–566.
- 13 Hilorme T., Chorna M., Karpenko L., Milyavskiy M. et al. Innovative model of enterprises personnel incentives evaluation // Academy of Strategic Management Journal. 2018. № 17 (3). P. 1–6.
- 14 Тихомиров С.Г., Авцинов И.А., Туровский Я.А., Суровцев А.С. и др. Программно-аппаратный комплекс для управления биотехнологическими системами с использованием интеллектуальных информационных технологий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2019. № 3. С. 158-165.
- 15 Информационные технологии и вычислительные системы: Обработка информации и анализ данных. Программная инженерия. Математическое моделирование. Прикладные аспекты информатики; под редакцией. С.В. Емельянова. М.: Ленанд, 2015. 104 с.
- 16 Остроух А.В., Николаев А.Б. Интеллектуальные информационные системы и технологии. СПб.: Лань, 2019. 308 с.
- 17 Тельнова Ю.Ф. Информационные системы и технологии. М.: Юнити, 2017. 544 с.
- 18 Drosou M., Jagadish H.V., Pitoura E., Stoyanovich J. Diversity in big data: A review // Big data. 2017. V. 5. №. 2. P. 73-84. doi: 10.1089/big.2016.0054
- 19 Montali M., Rivkin A. Model checking Petri nets with names using data-centric dynamic systems // Formal Aspects of Computing. 2016. V. 28. №. 4. P. 615-641. doi: 10.1007/s00165-016-0370-6
- 20 Гончаров Д.И. Конфигурирование в системе «1С: Предприятие 8». Основные объекты. ООО «1С: Публишинг», 2009. 147 с.

References

- 1 Shokhnekh A.V. Mathematical methods for assessing the economic security of business entities. Management of economic systems: electronic scientific journal. 2012. no. 6 (42). (in Russian).
- 2 Kraev V.N. Methods for making managerial decisions. Management, personnel selection. 2014. pp. 67. (in Russian).
- 3 Yakimov M. The concept of transport planning and traffic management in large cities. 2017. (in Russian).
- 4 Bestembek E.S., Sekerbaeva A.F. Problems of research and development of a multifactor model of transport and warehouse solutions. Actual problems of transport and energy: ways of their innovative solution. 2016. pp. 156. (in Russian).
- 5 Bestembek E.S., Sekerbaeva A.F. Development of an algorithm for solving a multifactor model of transport and warehouse tasks in the mechanization of construction work. Integration of science, education and production - the basis for the implementation of the Plan of the Nation. 2015. pp. 196. (in Russian).
- 6 Bestembek E.S., Sekerbaeva A.F., Ramazan B.A. Analysis of existing methods for solving transport and warehouse problems. Young Scientist. 2016. no. 27. pp. 506-509. (in Russian).
- 7 Bukharin S.V., Melnikov A.V., Chernyaeva S.N., Korobova L.A. The method of immersion the problem of comparing technical objects in an expert shell in the class of artificial intelligence algorithms. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Conference on Materials. 2017. pp. 012208.
- 8 Grant R.M. Contemporary strategy analysis. Oxford: Blackwell Publishing, 2002. 551 p.
- 9 Ireland R., Hitt M. Achieving and maintaining strategic competitiveness in the 21st century: The role of strategic leadership. Academy of Management Executive. 2005. no. 4 (19). pp. 63-77.
- 10 Snowdon B., Stonehouse G. Competitiveness in globalized world: Michael Porter on the Microeconomic Foundations of the Competitiveness of Nations, Regions and Firms. Journal of International Business Studies. 2006. no. 2 (37). pp. 163-175.
- 11 Dey P.K., Petridis N.E., Petridis K., Malesios C. et al. Environmental management and corporate social responsibility practices of small and medium-sized enterprises. Journal of cleaner production. 2018. no. 195. pp. 687–702.
- 12 Collings D.G., Mellahi K., Cascio W.F. Global talent management and performance in multinational enterprises: A multilevel perspective. Journal of Management. 2019. no. 45 (2). pp. 540–566.
- 13 Hilorme T., Chorna M., Karpenko L., Milyavskiy M. et al. Innovative model of enterprises personnel incentives evaluation. Academy of Strategic Management Journal. 2018. no. 17 (3). pp. 1–6.
- 14 Tikhomirov S.G., Avtsinov I.A., Turovsky Ya.A., Surovtsev A.S. et al. Hardware and software complex for managing biotechnological systems using intelligent information technologies. Bulletin of the Voronezh State University. Series: System Analysis and Information Technology. 2019. no. 3. pp. 158-165. (in Russian).
- 15 Information technology and computing systems: Information processing and data analysis. Software engineering. Math modeling. Applied Aspects of Informatics; edited by. S.V. Emelyanov. Moscow, Lenand, 2015. 104 p. (in Russian).
- 16 Ostroukh A.V., Nikolaev A.B. Intelligent information systems and technologies. Saint Petersburg, Lan', 2019. 308 p. (in Russian).
- 17 Telnova Yu.F. Information systems and technologies. Moscow, Unity, 2017. 544 p. (in Russian).
- 18 Drosou M., Jagadish H.V., Pitoura E., Stoyanovich J. Diversity in big data: A review. Big data. 2017. vol. 5. no. 2. pp. 73-84. doi: 10.1089/big.2016.0054
- 19 Montali M., Rivkin A. Model checking Petri nets with names using data-centric dynamic systems. Formal Aspects of Computing. 2016. vol. 28. no. 4. pp. 615-641. doi: 10.1007/s00165-016-0370-6
- 20 Goncharov D.I. Configuration in the 1C: Enterprise 8 system. The main objects. 1C: Publishing LLC, 2009. 147 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Людмила А. Коробова к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lyudmila_korobova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1349-732X>

Елена Н. Ковалева к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kovaleva.lena@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8558-4724>

Екатерина А. Саввина к.т.н., доцент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, katenok2207@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0728-8313>

Татьяна В. Гладких к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gtv1311@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1935-8753>

Ирина С. Толстова старший преподаватель, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, irin2102ka@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2804-3067>

Оксана О. Лукина к.э.н., доцент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, oks.lukina@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2658-1512>

Вклад авторов

Людмила А. Коробова обзор литературных источников

Елена Н. Ковалева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчёты и несет ответственность за плагиат

Екатерина А. Саввина консультация в ходе исследования

Татьяна В. Гладких написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию

Ирина С. Толстова корректировала рукопись до подачи в редакцию

Оксана О. Лукина корректировала рукопись до подачи в редакцию

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Lyudmila A. Korobova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lyudmila_korobova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1349-732X>

Elena N. Kovaleva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kovaleva.lena@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8558-4724>

Ekaterina A. Savvina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, theory of economics and accounting policies department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, katenok2207@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0728-8313>

Tatyana V. Gladkikh Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gtv1311@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1935-8753>

Irina S. Tolstova lecturer, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, irin2102ka@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2804-3067>

Oksana O. Lukina Cand. Sci. (Econ.), assistant professor, theory of economics and accounting policies department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, oks.lukina@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2658-1512>

Contribution

Lyudmila A. Korobova review of the literature

Elena N. Kovaleva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations and is responsible for plagiarism

Ekaterina A. Savvina consultation during the study

Tatyana V. Gladkikh wrote the manuscript, correct it before filing in editing

Irina S. Tolstova correct it before filing in editing

Oksana O. Lukina correct it before filing in editing

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/07/2021	После редакции 09/08/2021	Принята в печать 01/09/2021
Received 22/07/2021	Accepted in revised 09/08/2021	Accepted 01/09/2021