

РАЗДЕЛ 3. ЭФФЕКТИВНЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Научная статья

<https://doi.org/10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.90.2.012>

УДК 338.47.656+338.49+519.816

ОЦЕНКА МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА «ГРУЗОВАЯ ДЕРЕВНЯ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА MCDA (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Третьяченко Т. В.^{1*}, Титова С. А.¹

¹ Ростовский государственный
экономический университет (РИНХ),
Ростов-на-Дону, Россия
* tat050161@yandex.ru

Аннотация. *Введение.* Оценка модели и потенциальных мест возможного расположения транспортно-логистического центра кластерного типа в формате «грузовой деревни» и их выбор являются достаточно сложной задачей, поскольку при принятии решения требуется учет большого числа показателей и индикаторов. Кроме того, по вопросу включения в систему показателей для оценки месторасположения будущего транспортно-логистического центра и выбора его модели тех или иных индикаторов эксперты и представители органов власти не всегда приходят к консенсусу. Очевидно, что выбор местоположения транспортно-логистического центра основывается как на количественных, так и качественных факторах, что представляет собой многокритериальную задачу, требующую поиска компромисса между этими материальными и нематериальными факторами: доступность, транспортная инфраструктура, возможность использования морского, речного, воздушного, железнодорожного и автомобильного сообщения, расстояние от центра кластера и общая площадь его территории. *Материалы и методы.* Для решения этой задачи авторы используют метод многокритериального принятия решений (MCDA) и его подгруппы: метод аналитической иерархии (АИР) и метод ранжирования нечетких предпочтений для принятия решений в условиях неопределенности (F-PROMETHEE). Для преобразования субъективных и объективных мнений экспертов используется метод АИР. Метод F-PROMETHEE применяется для расчета рейтинга потенциальных мест возможного расположения транспортно-логистического центра. *Результаты исследования.* Предложен наиболее подходящий вариант модели транспортно-логистического центра и его месторасположения, которое в наибольшей степени удовлетворяет критериям, определенным в управлении цепочкой поставок, и реализации транзитного потенциала региона. *Обсуждение и заключение.* Существуют значительные неопределенности и субъективность в отношении информации о возможном месторасположении транспортно-логистического центра. Предпочтение отдается методу F-PROMETHEE.

Ключевые слова: аналитический иерархический процесс, «грузовая деревня», метод F-PROMETHEE, метод MCDA, нечеткие числа, цифровой двойник.

Для цитирования: Третьяченко Т. В., Титова С. А. Оценка местоположения транспортно-логистического центра «Грузовая деревня» с использованием метода MCDA (на примере Ростовской области). *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ)*. 2025;2(32):138-153. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.90.2.012.

Research article

JEL R40 R11

**ASSESSMENT OF THE LOCATION OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS
CENTRE «GRUZOVAYA DEREVNYA» USING THE MCDA-METHOD
(ON THE EXAMPLE OF ROSTOV REGION)**

Tretyachenko T.^{1*}, Titova S.¹

¹ *Rostov State University of Economics,
Rostov-on-Don, Russia*

* *tat050161@yandex.ru*

Abstract. *Introduction.* Assessing the model and potential locations for a cluster-type transport and logistics centre in the form of a «freight village» and selecting them is a rather complex task, as the decision-making process requires consideration of a large number of indicators and metrics. In addition, experts and government officials do not always reach a consensus on the inclusion of indicators for evaluating the location of the future transport and logistics centre and the selection of its model. It is obvious that the choice of location for a transport and logistics centre is based on both quantitative and qualitative factors, which is a multi-criteria task requiring a compromise between these material and immaterial factors: accessibility, transport infrastructure, the possibility of using sea, river, air, rail and road transport, distance from the centre of the cluster and the total area of its territory. *Materials and methods.* To solve this problem, the authors use the multi-criteria decision-making (MCDM) method and its subgroups: the analytical hierarchy process (AHP) and the fuzzy preference ranking method for decision-making under uncertainty (F-PROMETHEE). The AHP-method is used to convert subjective and objective expert opinions. The F-PROMETHEE method is used to calculate the rating of potential locations for the transport and logistics centre. *Research results.* The most suitable option for the transport and logistics centre model and its location is proposed, which best meets the criteria defined in supply chain management and the realisation of the region's transit potential. *Discussion and conclusion.* There are significant uncertainties and subjectivity regarding information about the possible location of the transport and logistics centre. Preference is given to the F-PROMETHEE method.

Keywords: analytical hierarchy process, freight village, F-PROMETHEE method, MCDA-method, fuzzy numbers, digital twin.

For citation: Tretyachenko T., Titova S. Assessment of the location of the transport and logistics centre «Gruzovaya derevnya» using the MCDA-method (on the example of Rostov region). *Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH)*. 2025;2(32):138-153. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.90.2.012.

Введение

В условиях новой реальности, связанной с масштабным переходом на восточный вектор внешнеэкономической политики России и формированием новой схемы транспортно-логистических каналов, все большее значение приобретают транспортно-логистические центры

кластерного типа в формате «грузовой деревни». Модель и месторасположение транспортно-логистического центра оказывает значительное влияние на социально-экономическое развитие региона, реализацию транзитного потенциала и эффективность логистической деятельности.

При рассмотрении вопроса выбора модели транспортно-логистического центра необходимо учитывать тот факт, что проект развития узловых мультимодальных транспортно-логистических центров в 12 макрорегионах страны (в число которых входит Южный макрорегион с Краснодарским краем, Ростовской областью, Республикой Крым и г. Севастополем) в формате «грузовых деревень» предусмотрен Транспортной стратегией РФ на период до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г. и включен в федеральный проект «Транспортно-логистические центры» (утвержден протоколом заседания проектного комитета транспортной части комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г.).

«Грузовая деревня» – это центр определенной территории, кластера, где все виды деятельности, связанные с транспортом, логистикой и распределением товаров – как для внутрирегионального, межрегионального, так и для международного транзита – осуществляются на коммерческой основе различными операторами [3]. Рассматривая уже работающие транспортно-логистические центры типа «грузовая деревня», можно сделать вывод, что это важные и влияющие центры, создающие условия для поддержания конкуренции между предприятиями и оказывающие значительное влияние на развитие региона, они открыты для транзита отечественной продукции на мировой рынок. Кроме того, создание «грузовых деревень» существенно влияет на социальную жизнь в городах и других населенных пунктах кластера, социальную динамику и качество жизни в них.

Понятие «грузовая деревня» по-разному трактуются в зарубежной и отечественной практике. По мнению

V. Roso [27], «внутренний таможенный склад», «сухой склад», «внутренний контейнерный склад», «логистический центр» и «внутренний порт» являются синонимами термина «грузовая деревня» в зависимости от предлагаемых услуг и функций, возложенных на транспортно-логистические центры.

Исторически первые «грузовые деревни» были созданы во Франции в начале 1960-х гг., а затем появились в Италии, Германии, Нидерландах, Бельгии, Великобритании и других европейских странах [3]. В США также разработаны и функционируют «грузовые деревни»: «Внутренний порт» создан в городе Ларедо, штат Техас; Международный интермодальный центр Глобального логистического парка порта Хантсвилла и другие.

В России первая «грузовая деревня» была создана в 2012 г. в Калужской области. Согласно положениям Транспортной стратегии РФ, на период до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г. в России в течение 10-15 лет должна быть создана сеть таких «грузовых деревень» – узловых мультимодальных транспортно-логистических центров (рис.1). Не только модель транспортно-логистического центра, но и его расположение также оказывает важное влияние на логистическую деятельность. Если принимается неправильное решение о местоположении «грузовой деревни», то у лица, принимающего решение в отношении деятельности транспортно-логистического центра, модернизации и строительства объектов транспортно-логистической инфраструктуры, может не быть адекватного доступа к информации и фирмам, работникам, транспортным средствам, агентам, объектам транспортно-логистической инфраструктуры, расположенным в пределах кластера.



Рисунок 1 – Проект расположения «грузовых деревень» в России
Figure 1 – The project of the location of «Freight Villages» in Russia

Общий процесс принятия решений о местоположении обычно состоит из следующих шагов [12].

1. Определяются критерии, которые будут использоваться для оценки альтернативных вариантов расположения «грузовой деревни».

2. Определяются критерии, которые являются наиболее важными или ключевыми.

3. Рассматриваются различные варианты расположения.

4. Оцениваются альтернативные варианты, принимается решение по наиболее эффективному варианту.

Следует отметить, что указанные четыре этапа могут быть применены к проблемам размещения не только «грузовой деревни» в целом, но и любого связанного с ней объекта транспортно-логистической инфраструктуры.

Несмотря на простоту алгоритма принятия решения, выбор места расположения транспортно-логистических центров из предложенных альтернатив стал одной из проблем, поскольку во внимание должно быть взято достаточно большое число факторов и реализовано несколько целей (задач), таких как: реа-

лизация внутрирегионального, межрегионального и международного транзитного потенциала территории, повышение эффективности социально-экономического развития региона, обеспечение прибыльности и производительности транспортно-логистического сектора, расположенного в пределах кластера. В этом случае группа задач объединяется в одну категорию, определяемую как задача многокритериального принятия решений – MCDM (Nutt [23]; Farahani et al. [13]; Brauers, Zavadskas [8]; Rezaeiniya et al. [26]; Hashemkhani Zolfani et al. [16, 17]; Tamošaitienė et al. [28]; Dėjus, Antuchevičienė [10]).

Выбор центрального местоположения и структура плотности транспортно-логистической сети являются одними из основных факторов, определяющих местоположение транспортно-логистического центра. Факторами, влияющими на выбор места, являются: наличие транспортных узлов, объем фактических и планируемых мультимодальных перевозок, включая автомобильный, речной, морской, воздушный и железнодорожный транспорт, фактическая доступная земельная площадь (размер, плотность и

возможность расширения), рельеф местности, фактические транспортные связи и транспортные сети, вопросы урбанизации, плотность населения, потенциальное и фактическое состояние окружающей среды, уровень ее загрязнения, рынок труда, уровень цифровой трансформации и состояние телекоммуникационной инфраструктуры.

Хотя большинство важных факторов связано с площадью территории, местоположением, рельефом местности, транспортной доступностью и инфраструктурой, критическими также являются показатели, включающие в себя возможности будущего расширения, использования прилегающих земель и взаимоотношений с другими секторами, стоимость земли, государственную и региональную политику, наиболее используемые виды транспорта.

Следует отметить, что успех оценки альтернативных вариантов размещения «грузовой деревни» зависит от ряда осуществимых альтернатив, а также данных по каждому из критериев, несмотря на то что они зачастую противоречивы и несопоставимы. Как правило, формирование системы критериев и оценка альтернатив осуществляются группой экспертов и специалистов, имеющих свой уникальный взгляд и свои предпочтения в системе критериев, посредством которых оцениваются альтернативы и важность этих критериев.

Метод MCDM предоставляет широкий набор методов и процедур для структурирования проблем принятия решений, а также разработки, оценки и определения приоритетности альтернативных решений. На самом примитивном уровне MCDM можно рассматривать как процесс, который преобразует и объединяет данные и ценностные суждения (предпочтения лица, принимающего решения), чтобы получить информацию для принятия решений [18].

Таким образом, выбор наиболее подходящего местоположения для «грузовой деревни» должен быть рассмотрен

и оценен с точки зрения многих влияющих факторов, это приводит к огромному объему информации, которая в основном является неопределенной, расплывчатой и неточной. Поэтому факторы, основанные на такой информации, могут быть как объективными, так и субъективными. Когда данные представлены в числовом или точном виде, оценка факторов может быть произведена непредвзято. В случаях, когда информация выражена лингвистически, факторы подвержены субъективному восприятию. Для достижения высокой степени точности данных требуется проведение обширных исследований. В подобных задачах зачастую превалирует информация, имеющая лингвистический характер, поэтому в процессе выбора местоположения «грузовой деревни» следует использовать нечеткий подход. Поэтому в данной работе мы используем метод Fuzzy-PROMETHEE.

Материалы и методы

«Грузовые деревни» определяются как кластер объектов транспортно-логистической инфраструктуры, расположенных в пределах его периметра, оказывающих услуги по грузовым перевозкам и другие услуги [25].

Как грузоотправители, так и логистические операторы проявляют большой интерес к «грузовой деревне», где одни могут получить, а другие предоставить мультимодальные транспортные услуги, грузоотправителям при этом обеспечивается сокращение не только расходов на их транспортную деятельность, но и транзитного времени по сравнению с унимодальными грузоперевозками, а также более высокая надежность доставки грузов их клиентам [8].

В связи с преимуществами «грузовых деревень» по отношению к другим форматам транспортно-логистических центров их создание и деятельность подверглись множеству исследований.

Вопросы развития транспортно-логистических центров, содержание и сущность их современного формата –

«грузовой деревни» – исследовались такими зарубежными учеными, как A. Ballis, G. Mavrotas [3], V. Roso [27], T. Nobel, F. Mackenthun [22], B. F. Yildirim, E. Önder [32], Okan Aksoy [24], Eren Özceylan и др. [11], M. A. Rahman и др. [21] и др.

Наиболее прогрессивный формат развития транспортно-логистической инфраструктуры исследуется в работах С. П. Вакуленко, П. В. Куренкова, Д. Ю. Роменского, К. А. Калинина, М. В. Роменской [34], М. И. Магамадова, Е. В. Лисюкова [38], А. Н. Никифорова [39] и др.

Концепция логистического центра в формате «грузовой деревни» и ее преимущества для пользователей раскрыты в работе A. Jaržemskis [19].

Большинством авторов «грузовая деревня» определяется как интегрированный кластер логистической и сервисной деятельности с различной транспортно-логистической инфраструктурой, на территории или вблизи которого располагается интермодальный терминал. Главное требование к построению «грузовой деревни» – расположение значительной части ее объектов вблизи транспортного узла и городской агломерации.

R. E. Bellman, L. A. Zadeh (1970) предложили концепцию нечетких множеств для применения в многокритериальном принятии решений (MCDM), подчеркивая их значение как средства отражения размытости и нечеткости информации [5].

Нечеткие методы MCDM позволяют оценивать варианты и значимость критериев, учитывая степень неопределенности, выраженную через нечеткие числа (Abbasianjahromi, Rajaie [1]). S. Wang, P. Liu [30] интегрировали нечеткий анализ иерархий (AHP) с методом TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Y. Kayikci [20] сочетал нечеткий AHP с искусственными нейронными сетями (ANN), в то время как Yang и его коллеги [31] использовали генетический алгоритм в нечеткой среде (эвристический алгоритм поиска, который используется для решения задач оп-

тимизации и моделирования путем случайного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе).

De Keyser, Peeters и Zhang et al. заявили, что метод организации ранжирования предпочтений, который используется для расчета рейтинга предлагаемых проектов развития транспортной инфраструктуры (PROMETHEE), является простым по сравнению с другими методами, используемыми в MCDM [9, 33].

Благодаря относительно простой для понимания математической модели и возможности визуализации промежуточных и выходных данных при решении задачи методы семейства PROMETHEE получили популярность среди исследователей, аналитиков и лиц, принимающих решения. Приведенный анализ литературы показывает возможность использования методов во множестве практических областей, в том числе и при определении местоположения транспортно-логистического центра в кластерном формате «грузовой деревни».

Хотя применение методов MCDM для решения задач выбора местоположения транспортно-логистических центров изучалось в достаточном числе работ, лишь немногие из них фокусируются на решении проблемы в условиях неопределенности принятия решений путем включения нечеткой теории в существующие методы MCDM. Поэтому данное исследование направлено на разработку комплексной модели MCDM для поддержки процесса выбора местоположения «грузовой деревни» в условиях неопределенности принятия решений. Предлагаемая модель основана на гибридном подходе Fuzzy-PROMETHEE и Fuzzy-AHP и применяется к реальному исследованию выбора месторасположения транспортно-логистического центра формата «грузовой деревни» в Ростовской области.

Результаты исследования

1. Транспортно-логистический центр в формате «грузовой деревни» и его

цифровой двойник: необходимость создания

Переход страны к новому этапу развития, основным содержанием которого становится формирование суверенной хозяйственной системы, опирающейся на передовые в технологии, емкий внутренний рынок и внешнеэкономический поворот в сторону регионов Глобального Юга, требует формирования новой, еще более сложной транспортно-логистической инфраструктуры, позволяющей оказывать клиентам услуги, отвечающие принципам 4-го уровня логистического аутсорсинга (4PL-логистика).

Ключевым элементом транспортно-логистической инфраструктуры в этих условиях выступают прогрессивные для России проекты транспортно-логистических центров в формате «грузовой деревни», развитие которых в ряде регионов поддерживается на федеральном и региональном уровнях власти. «Грузовые деревни», как следует из мировой практики, позволяют сформировать вокруг крупных агломераций логистический каркас, обеспечивающий устойчивое развитие региона [34].

«Грузовая деревня», с точки зрения зарубежных авторов, – это кластер, на территории которого располагаются интегрированные в едином информационном пространстве объекты, связанные с транспортным, логистическим и складским обслуживанием материальных потоков, протекающих как внутри региона, так и за его пределами на коммерческой основе различными операторами [2, 3, 22, 27, 32].

В международных источниках для обозначения транспортно-логистических центров наряду с термином «грузовая деревня» (Freight Village) используют такие термины, как «мультимодальные / логистические платформы» (Plateformes Multimodales / Logistiques (Франция)), «Межпортовое сообщение» (Interporti (Италия)), «Центры общественного транспорта» (Gueterverkehrscentren (Германия)), «Внутренний порт» (Inland Ports (США)), «Ло-

гистический парк / Логистический центр» (Logistics Park/Logistics Center (Китай)).

Как указывает Roso (2008), используемый для обозначения транспортно-логистического центра термин зависит от перечня предлагаемых центром услуг: «Внутренний таможенный склад» – Inland Clearance Depot, «Сухое депо» – Dry Depot, «Внутреннее контейнерное депо» – Inland Container Depot, «Логистический центр» – Logistics Center и «Внутренний порт» – Inland Port.

В отечественной практике за новым форматом транспортно-логистических центров закрепилось понятие «Грузовая деревня» (Freight Village). Несмотря на то что правовой статус данного формата до настоящего времени не определен, под «грузовой деревней» принято понимать формат организации узлового мультимодального транспортно-логистического центра с большой степенью интеграции транспортных и внутранспортных услуг, сформированного на определенной территории, в пределах которой осуществляется вся деятельность, связанная с транспортировкой и переработкой логистических потоков (в т. ч. связанная с определенными этапами производства) [35].

Возможность и необходимость формирования «грузовой деревни» и ее цифрового формата в Ростовской области обусловлены современной геополитической и макроэкономической ситуацией, связанной с ориентацией российской внешней политики на тесное взаимодействие со странами Юго-Восточной Азии, что привело к необходимости формирования новой системы транспортно-логистических коридоров, которые не смогут в перспективе функционировать без южной территории России, где Ростовская область, занимающая особое геостратегическое положение, является важным межрегиональным транспортно-логистическим хабом, связывающим страны Юго-Восточной Азии и Европы [40].

Имеющая статус межрегионального транспортно-логистического центра Ро-

стовская область, обеспечивающая формирование и развитие торгово-экономических, внешнеполитических и культурных связей со странами Азии, обеспечит получение значительного эффекта при условии создания в рамках «грузовой деревни» инновационной транспортно-логистической инфраструктуры и предоставления инновационных сопутствующих услуг и сервиса.

Как доказано в некоторых исследованиях, инфраструктура является внутренней средой региональной экономической системы, что во многом определяет темпы ее экономического роста. Основываясь на этом утверждении с учетом того, что транспортно-логистический центр нового формата является одним из основных элементов транспортно-логистической инфраструктуры, можно заключить, что формирование «грузовой деревни» и ее цифрового формата позволит обеспечить высокий уровень эффективности реализуемых в Ростовской области экономических преобразований.

Создание в Ростовской области «грузовой деревни», по территории которой проходит международный транспортный коридор «Север-Юг», позволит повысить конкурентоспособность и транзитный потенциал региона и его транспортного сектора, увеличить объем грузоперевозок, совершаемых как внутри региона, так и по межрегиональным и международным маршрутам, обеспечить предоставление комплекса транспортных, логистических и сервисных услуг.

Создание цифрового формата «грузовой деревни» предполагает формирование модели, включающей описание проекта в виде блок-схемы и базового набора алгоритмов ее запуска и функционирования, и пилотных площадок, в качестве которых будут выступать конкретные регионы с их крупными городскими агломерациями (к примеру, Ростовскую область как субъект, входящий в МТК «Север-Юг»); разработку и апробирование экспериментального образца – прототипа создаваемой платформы, а

также осуществление полноценного пилотного внедрения и обеспечение тестовой эксплуатации в течение не менее чем полного хозяйственного года.

Цифровой формат «грузовой деревни» позволит ставить задачи для FVMS-системы и поможет упростить ее участникам взаимодействие с информацией (снижение затрат времени, труда, финансовых средств), обеспечивая принятие обоснованного управленческого решения, а также повысить устойчивость и конкурентоспособность каждого из участников системы. Поскольку создание проекта цифрового формата «грузовой деревни», как и самой «грузовой деревни», базируется на долгосрочном сотрудничестве между государством и бизнесом, то предполагается формирование системы оплаты по подписке за оказанные услуги и разработка экономического механизма, позволяющего распределять издержки по поддержанию функционирования системы между всеми ее участниками, что позволит не только в значительной степени снизить себестоимость предоставляемых каждым отдельным участником услуг, но и обеспечить их конкурентоспособность. Кроме того, это позволит снизить стоимость продукции для конечного потребителя и обеспечить должный уровень общественного потребления на региональном уровне.

Цифровой формат «грузовой деревни» предполагает максимальную автоматизацию всех процессов у каждого из участников «грузовой деревни», а также его интеграцию с созданной в России Национальной цифровой транспортно-логистической платформой (НЦТЛП). Протекающие процессы будут максимально автоматизированы.

2. Выбор местоположения «грузовой деревни» на основе метода Fuzzy-PROMETHEE

PROMETHEE – это подгруппа методов MCDM, разработанная в начале 1980-х гг. Жаном-Пьером Брансом и Бертрандом Марешалем [6]. Они предложили две методологические группы:

PROMETHEE I – для частичного ранжирования и PROMETHEE II – для полного ранжирования.

Несколько лет спустя для решения более сложных проблем, связанных с принятием решений, были разработаны другие версии метода PROMETHEE:

PROMETHEE III – для ранжирования с использованием интервалов;

PROMETHEE IV – для полного или частичного ранжирования альтернатив в случае, когда множество эффективных решений непрерывно;

PROMETHEE V – для решения классов задач, в которых необходимо выделить не одну альтернативу, а целое подмножество альтернатив с учетом набора ограничений;

PROMETHEE VI – предоставляет лицу, принимающему решение, дополнительную информацию о его личном восприятии многокритериальной проблемы;

PROMETHEE GDSS – для поддержки принятия решений группой лиц;

PROMETHEE TRI – помогает лицам, принимающим решения, исследовать набор альтернатив с учетом различных критериев. Он особенно полезен, когда необходимо сравнить набор альтернатив на основе нескольких критериев;

PROMETHEE CLUSTER – подход, основанный на использовании системы мониторинга Prometheus для сбора метрик с компонентов кластера, он позволяет отслеживать состояние объектов кластера в реальном времени, например, контролировать загрузку процессора, использование памяти, дискового пространства [4].

Благодаря своей адаптивности и удобству методология PROMETHEE успешно применяется в разнообразных сферах. В частности, исследование Behzadian et al. (2010) [4] выявило девять областей, где данный метод оказался востребованным: экология, гидрология и управление водными ресурсами, бизнес и финансовое управление, химическая промышленность, логистика и транспорт, производственные процессы и сборка,

энергетика, социальная сфера, а также другие области.

В начале XXI в. исследователи усовершенствовали подходы PROMETHEE, чтобы учитывать неточные входные параметры, расплывчатые предпочтения и нечеткие веса, что позволило повысить точность ранжирования альтернатив [15].

Модифицированный метод получил название F-PROMETHEE. В рамках F-PROMETHEE результативность каждой альтернативы по каждому критерию выражается в форме нечеткого числа. Это связано с тем, что зачастую исходные данные сложно определить с высокой точностью, поскольку многие факторы доступны только в виде лингвистических оценок. В таких обстоятельствах применение нечетких чисел признается более целесообразным.

Модифицированный в работах [14, 33] алгоритм метода F-PROMETHEE приведен ниже.

Шаг 1. Для каждого критерия f_k необходимо задать функцию предпочтения $p_k(d_k)$. Данная функция показывает, насколько значима разница значений двух альтернатив по этому критерию.

Шаг 2. Определяется вектор весов, содержащий нечеткие числа (L-R)-типа (веса), каждое из которых задается с использованием трех параметров:

$$W^T = (w_1, w_2, \dots, w_w) \text{ при условии } w_k = (m, a, b)_{LR}$$

Шаг 3. Сумма весов должна быть равна единице (1). Поэтому нечеткий вес каждого критерия необходимо дефаззифицировать, то есть осуществить переход от функции принадлежности выходной лингвистической переменной к ее четкому (числовому) значению, что достигается путем ранжирования нечетких чисел:

$$w_{k_дефаззификация} = m + \frac{b-a}{4}. \quad (1)$$

Затем дефаззифицированные веса нормализуются с использованием формулы:

$$w_{k_дефаззификация} = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}. \quad (2)$$

Шаг 4. Лингвистическое экспертное мнение для каждого критерия аль-

тернативы преобразуется в нечеткие оценки, а затем определяется средняя нечеткая оценка $f_{k(a)}$ каждого критерия и с помощью следующей формулы строятся матрицы оценки F-PROMETHEE:

$$f_k(j) = (\text{средн.}(m_i), \min(a_i), \max(b_i)), \quad (3)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$ – число экспертов и лиц, принимающих решения;

$k = 1, 2, \dots, n$ – количество критериев;

$j = 1, 2, \dots, n$ – количество альтернатив.

На основе полученных данных, согласно методу F-PROMETHEE, строится матрица индексов предпочтения, которая задается формулой:

$$\Pi = \overline{f_k(j)}, \quad (4)$$

Шаг 5. Для получения индекса предпочтений матрица оценки F-PROMETHEE подвергается дефазификации. Ранжирование нечетких чисел осуществляется с помощью простого в применении метода минимизации расстояния [2].

Если функция $f(u) = (m, a, b)$ задается треугольным нечетким числом, то после процесса дефазификации она принимает следующий вид:

$$f(u) = m + \frac{b-a}{4}. \quad (5)$$

Шаг 6. Взвешенные степени приоритета, которые были рассчитаны для каждого критерия k , суммируются для построения матрицы индексов предпочтения Π :

$$\Pi(a_i, a_j) = \sum_{k=1}^n w_k P_k (f_k(a_i) - f_k(a_j)). \quad (6)$$

Шаг 7. В целях оценки альтернатив в точках X и A вычисляется нечеткий исходящий поток $a_i \in A$:

$$\varphi^+(a_i) = \sum_{j=1, j \neq i}^n \Pi(a_i, a_j). \quad (7)$$

Шаг 8. В целях оценки альтернатив в точках X и A вычисляется нечеткий входящий поток $a_i \in A$:

$$\varphi^-(a_i) = \sum_{j=1, j \neq i}^n \Pi(a_j, a_i). \quad (8)$$

Шаг 9. Для построения матрицы, согласно методу PROMETHEE II, между входящим потоком и исходящим потоком для каждой альтернативы рассчитывается разница, представляющая собой чистый поток:

$$\varphi^{\text{чист.}}(a_i) = \varphi^+(a_i) - \varphi^-(a_i). \quad (9)$$

Чем величина чистого восходящего потока выше, тем лучше альтернатива.

Для каждого критерия с помощью функции предпочтения разница между оценками, полученными по двум альтернативам, преобразуется в степень предпочтения в диапазоне от нуля до единицы. Для того чтобы упростить процедуру выбора конкретной функции предпочтения, учеными [6] были предложены шесть типов обобщенных функций предпочтения. Лица, принимающие решения, могут опираться на свои предпочтения, используя любую другую специально сформированную функцию предпочтений. Для целей ранжирования линейное предпочтение считается наиболее оптимальным и определяется по формуле:

$$P_k = \begin{cases} \frac{d_k}{p_k}, & \text{if } 0 \leq d_k \leq p_k; \\ 1, & \text{if } d_k > p_k, \end{cases} \quad (10)$$

где $d_k = f_k(a_i) - f_k(a_j)$.

Интенсивность предпочтения p_k линейно увеличивается с ростом d_k . После того как порог p_k достигнут, то есть $d_k = p_k$, интенсивность становится равна 1. Пороговое значение параметра p_k устанавливается лицом, принимающим решение, и является обязательным.

Для целей ранжирования параметр p_k определяется следующим образом:

$$f_k = f_k(*)_{\text{макс}} - f_k(*)_{\text{мин}}, \quad (11)$$

где $f_k(*)$ – оценка всех альтернатив по критерию k .

Метод PROMETHEE требует включения в процесс критериев, которые основаны на достоверной, доступной и понятной для лиц, принимающих решения, и экспертов информации [7, 36].

Критерии не обязательно должны быть математически связаны, но они должны быть из группы факторов, влияющих на процесс принятия решений. Каждый критерий должен быть самодостаточным и выражаться в своих собственных единицах измерения. Это уменьшает любые эффекты масштабирования, которые могли бы повлиять на результат.

Обсуждение и заключение

Для оценки потенциального месторасположения «грузовой деревни» авторами определено пять критериев, наиболее часто используемых в работах, посвященных вопросам выбора местоположения транспортно-логистических центров [20, 29]:

критерий (А) – пригодность площади. «Грузовая деревня» – это определенная территория, на которой осуществляются все связанные с грузопотоками виды деятельности. Размер и форма должны соответствовать планируемым мощностям и функциям транспортно-логистического центра. Должна быть предусмотрена возможность расширения участка. Наличие буферных зон, прилегающих к участку, также играет роль в принятии решений;

критерий (В) – основные виды деятельности/объекты: существующие виды деятельности и объекты, которые могут быть объединены с «грузовой деревней», и представляют интерес для инвестиционных вложений;

критерий (С) – транспортная доступность: расстояние до автомагистралей, железнодорожного узла, речных и морских портов, аэропорта должно быть оптимальным;

критерий (D) – условия собственности: стоимость объектов нежилой недвижимости и 1 кв. м земли, право собственности, землепользование на соседних участках и расположение соседних участков также являются важными критериями, которые следует учитывать;

критерий (Е) – местоположение системного интегратора «грузовой деревни» и возможность установки взаимосвязей со всеми субъектами, входящими в кластер, его близость к крупным распределительным центрам и логистическим операторам, транспортным предприятиям. Наличие и состояние транспортных средств и необходимой рабочей силы у всех участников «грузовой деревни», уровень их цифровой трансформации и наличие информационно-коммуникационных систем. Этот критерий также учи-

тывает объем грузопотока, протекающего по территории кластера.

В связи с тем что авторы не располагают всеми необходимыми для определения оптимального месторасположения «грузовой деревни» факторами, применить на этапе подготовки статьи метод нечеткости F-PROMETHEE при оценке места для размещения «грузовой деревни» не представляется возможным.

Авторы полагают, что при оценке мест расположения транспортно-логистического центра в формате «грузовой деревни» может быть использована информация и данные, содержащиеся в проектной документации ОАО «Институт «Пятигорскэнергопроект»» по созданию мультимодального универсального транспортно-логистического узла «Ростовский универсальный порт» – прототипа «грузовой деревни».

Проект предусматривал создание в районе промышленной зоны «Заречная» г. Ростова-на-Дону (на земельных участках общей площадью 405 га) комплекса портовых и логистических сооружений и инфраструктуры железных и автомобильных дорог и подходов. Общая стоимость проекта – 19 900 млн рублей, в том числе за счет средств внебюджетных источников – 13 900 млн рублей. В рамках проекта была смоделирована транспортная цепочка, объединяющая водный, железнодорожный и автомобильный транспорт. Остались нерешенными вопросы формирования соответствующей требованиям времени транспортной, складской и инженерной инфраструктуры в Заречной промзоне г. Ростова-на-Дону, поскольку проект в 2017 г. был «заморожен».

Концепция современного формата транспортно-логистического центра «грузовой деревни» идентична концепции создания мультимодального центра, за исключением того, что проект «грузовой деревни» представляет собой, по сути, девелоперский проект, реализация которого рассчитана на длительный горизонт времени, в связи с чем возможна его существенная трансформация. Для «грузовой деревни» создается цифровой двойник, и

все участники транспортно-логистического центра интегрируются в едином цифровом пространстве, а все процессы управляются системным интегратором.

В настоящем исследовании авторы рассматривают возможность создания в Ростовской области как одного из узлов (элементов) формируемой в стране сети транспортно-логистических центров в наиболее прогрессивном его формате «грузовой деревни». «Грузовые деревни» представляют собой современный способ организации логистики, транспортировки и распределения товаров. Согласно международной и отечественной практике, они являются ключевым элементом транспортно-логистической инфраструктуры, формируя вокруг крупных агломераций логистический каркас, обеспечивающий устойчивое развитие регионов.

Учитывая, что современный этап развития экономики характеризуется стремительным внедрением цифровых технологий, которые на основе анализа больших данных и машинного обучения позволяют оптимизировать и улучшать операционные процессы, быстро реагировать на изменения внешней среды и ее вызовы, в работе предложено создание не только физического формата «грузовой деревни», но и ее цифрового двойника.

Целью данного исследования авторы определяли и разработку научной основы для оценки и выбора местоположения «грузовой деревни», что представляет собой многомерную и многоуровневую задачу, решаемую в ходе принятия решений. В качестве метода решения такой задачи авторами предложен метод PROMETHEE, который для оценки позволяет использовать данные в виде лингвистической информации, которая переводится в нечеткие числа, преобразуемые, в свою очередь, в единичные значения. Результаты исследования показывают, что метод PROMETHEE также может быть использован при наличии существенных неопределенностей и субъективности представленной для оценки информации.

Список литературы

1. *Abbasianjahromi, H., Rajaie, H.* Developing a project portfolio selection model for contractor firms considering the risk factor, *Journal of Civil Engineering and Management*. – 2012. – № 18 (6). – P. 879-889.
2. *Asady, B., Zendehman, A.* Ranking fuzzy numbers by distance minimization, *Applied Mathematical Modelling*. – 2007. – № 31 (11). – P. 2589-2598.
3. *Ballis, A., Mavrotas, G.* Freight village design using the multi-criteria method PROMETHEE // *Oper. Res.* – 2007. – № 17 (2). – P. 213-232.
4. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications / M. Behzadian, R. B. Kazemzadeh, A. Albadvi, M. Aghdasi // *European Journal of Operational Research*. – 2010. – № 200 (1). – P. 198-215.
5. *Bellman, R. E., Zadeh, L. A.* Decision-making in a fuzzy environment // *Management Science*. – 1970. – № 17 (4).
6. How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method / J. P. Brans, P. Vincke, B. Mareschal // *European Journal of Operational Research*. – 1986. – № 24 (2). – P. 228-238.
7. PROMETHEE Methods / J.-P. Brans, B. Mareschal // *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* / J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott (eds.). – 2005. – P. 163-196.
8. *Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K.* Multi-objective optimization in location theory with a simulation for a department store, *Transformations in Business & Economics*. – 2002. – № 7 (3). – P. 163-183.
9. *De Keyser, W., Peeters, P.* A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods // *European Journal of Operational Research*. – 1996. – № 89 (3). – P. 457-461.
10. *Dėjus, T., Antuchevičienė, J.* Assessment of health and safety solutions at a construction site // *Journal of Civil Engineering and Management*. – 2013. – № 19 (5). – P. 728-737.

11. *Eren Özceylan*. Evaluation of freight villages: A GIS-based multi-criteria decision analysis // *Computers in Industry*. – 2016. – № 76 (2).
12. *Ertuğrul, İ, Karakaşoğlu, N.* Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection' International // *Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2008. – Vol. 39, № 7. – P. 783-795.
13. Multiple criteria facility location problems: a survey / R. Z. Farahani, M. Steadie Seifi, N. Asgari // *Applied Mathematical Modelling*. – 2010. – № 34 (7). – P. 1689-1709.
14. Fuzzy outranking for environmental assessment. Case study: iron and steel making industry / J. Geldermann, T. Spengler, O. Rentz // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2000. – № 115 (1). – P. 45-65.
15. *Goumas, M., Lygerou, V.* An extension of PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: ranking of alternative energy exploitation projects // *European Journal of Operational Research*. – 2000. – № 123 (3). – P. 606-613.
16. Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating / S. Hashemkhani Zolfani, M. H. Aghdaie, A. Derakhti, E. Zavadskas, M. H. M. Varzandeh // *Expert Systems with Applications*. – 2013a. – № 40 (17). – P. 7111-7121.
17. Design of products with both international and local perspectives based on Yin-Yang balance theory and SWARA method / S. Hashemkhani Zolfani, E. Zavadskas, Z. Turskis // *Economic Research*. – 2013b. – № 26 (2). – P. 153-166.
18. *Malczewski, J.* GIS-based multi-criteria decision analysis: a survey of the literature // *Int. J. Geogr. Inform. Sci.* – 2006. – № 20 (7). – P. 703-726.
19. *Jaržemskis, A.* Research on public logistics centre as tool for cooperation // *Transport*. – 2007. – Vol. XXII.
20. *Kayikci, Y.* A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions // *Social and Behavioral Sciences : Procedia*. – 2010. – № 2 (3). – P. 6297-6311.
21. *Md. Masiur Rahman, Muhammad Aamir Basheer*. Logistics Hub Location Optimization: A K-Means and P-Median Model Hybrid Approach Using Road Network Distances // *Transportation Research : procedia*. – 2025. – № 84 (3).
22. *Nobel, T., Mackenthun, F.* European freight villages and their success factors // *Logistics'14 Conference*. – Helsinki, 2014.
23. *Nutt, P. C.* Context, tactics, and the examination of alternatives during strategic decision-making // *European Journal of Operational Research*. – 2000. – № 124 (1). – P. 159-186.
24. *Okan Aksoy, Bahar Özyörük*. The importance of freight villages: An implementation in TCDD // *Applied Mathematical Modelling*, 2015.
25. *Regmi, M.B., Hanaoka, S.* Location analysis of logistics centers in Laos // *Int. J. Logist.* – 2013. – № 16 (3). – P. 227-242.
26. Greenhouse locating based on ANP-COPRAS-G methods – an empirical study based on Iran / N. Rezaeiniya, S. Hashemkhani Zolfani, E. K. Zavadskas // *International Journal of Strategic Property Management*. – 2012. – № 16 (2). – P. 188-200.
27. *Roso, V.* Factors influencing implementation of a dry port // *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* – 2008. – № 38 (10). – P. 782-798.
28. Complex model for the assessment of the location of highrise buildings in the city urban structure / J. Tamošaitienė, J. Šipalis, A. Banaitis, E. Gaudutis // *International Journal of Strategic Property Management*. – 2013. – № 17 (1). – P. 93-109.
29. Feasibility of Freight Villages in the NYMTC Region: Task 4 – Measure of Relevance / S. Theofanis, M. Boile, P. Gilbert, A. Strauss-Wieder. – Rutgers Center for Advance Infrastructure and Transportation, 2010. – 30 p.
30. *Wang, S., Liu, P.* The evaluation study on location selection of logistics center based on fuzzy AHP and TOPSIS //

International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCom 2007), 21-25 September 2007. – Shanghai, 2007. – P. 3779-3782.

31. On the centroids of fuzzy numbers / Y.-M. Wang, J.-B. Yang, D.-L. Xu, K.-S. Chin // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2006. – № 157 (7). – P. 919-926.

32. Yildirim, B. F., Önder, E. Evaluating potential freight villages in Istanbul using multicriteria decision making techniques // *J. Logist. Manag.* – 2014. – № 3 (1).

33. A Comparative approach for ranking contaminated sites based on the risk assessment paradigm using fuzzy PROMETHEE / K. Zhang, C. Kluck, G. Achari // *Environmental Management*. – 2009. – № 44 (5). – P. 952-967.

34. Компоновка железнодорожного хозяйства перспективных грузовых деревень / С. П. Вакуленко, П. В. Куренков, Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин, М. В. Роменская // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. – 2022. – № 4.

35. Грузовая деревня – новый элемент транспортно-логистической системы / С. П. Вакуленко, П. В. Куренков, Д. Ю. Роменский и др. // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. – 2022. – № 11. – С. 3-9.

36. Кравченко, Т. К., Авдеев, Ю. В. Развитие систем поддержки принятия решений с использованием метода PROMETHEE // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. – 2010. – № 9.

37. Лабинский, А. Ю. Нечетко-множественный подход к построению регрессионной модели // *Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России*. – 2019. – № 3.

38. Магамадова, М. И., Лисюкова, Е. В. Анализ концепции грузовых деревень (на примере проекта Freight Village Kaluga) // *Наука и образование транспорту*. – 2023. – № 1. – С. 164-167.

39. Никифорова, А. Н. Грузовые деревни – новый уровень сервиса для грузоотправителей // *Транспорт в интеграционных процессах мировой экономики : материалы IV Международной научно-практ. онлайн-конф., Гомель, 27 апреля 2023 г. / под ред. В. Г. Гизатуллиной*. – Гомель, 2023. – С. 70-72.

40. Полуботко, А. А., Тумова, С. А. Инновационные аспекты системной организации информационных потоков транспортно-логистической инфраструктуры // *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ)*. – 2025. – Т. 32, № 1. – С. 81-95.

List of references

1. Abbasianjahromi, H., Rajaie, H. Developing a project portfolio selection model for contractor firms considering the risk factor, *Journal of Civil Engineering and Management*. – 2012. – № 18 (6). – P. 879-889.

2. Asady, B., Zendehman, A. Ranking fuzzy numbers by distance minimization, *Applied Mathematical Modelling*. – 2007. – № 31 (11). – P. 2589-2598.

3. Ballis, A., Mavrotas, G. Freight village design using the multi-criteria method PROMETHEE // *Oper. Res.* – 2007. – № 17 (2). – P. 213-232.

4. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications / M. Behzadian, R. B. Kazemzadeh, A. Albadvi, M. Aghdasi // *European Journal of Operational Research*. – 2010. – № 200 (1). – P. 198-215.

5. Bellman, R. E., Zadeh, L. A. Decision-making in a fuzzy environment // *Management Science*. – 1970. – № 17 (4).

6. How to select and how to rank projects: PROMETHEE method / J. P. Brans, P. Vincke, B. Mareschal // *European Journal of Operational Research*. – 1986. – № 24 (2). – P. 228-238.

7. PROMETHEE Methods / J.-P. Brans, B. Mareschal // *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* / J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott (eds.). – 2005. – P. 163-196.

8. *Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K.* Multi-objective optimization in location theory with a simulation for a department store, *Transformations in Business & Economics*. – 2002. – № 7 (3). – P. 163-183.
9. *De Keyser, W., Peeters, P.* A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods // *European Journal of Operational Research*. – 1996. – № 89 (3). – P. 457-461.
10. *Dėjus, T., Antuchevičienė, J.* Assessment of health and safety solutions at a construction site // *Journal of Civil Engineering and Management*. – 2013. – № 19 (5). – P. 728-737.
11. *Eren Özceylan.* Evaluation of freight villages: A GIS-based multi-criteria decision analysis // *Computers in Industry*. – 2016. – № 76 (2).
12. *Ertuğrul, İ, Karakaşoğlu, N.* Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection' *International // Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2008. – Vol. 39, № 7. – P. 783-795.
13. Multiple criteria facility location problems: a survey / R. Z. Farahani, M. Steadie Seifi, N. Asgari // *Applied Mathematical Modelling*. – 2010. – № 34 (7). – P. 1689-1709.
14. Fuzzy outranking for environmental assessment. Case study: iron and steel making industry / J. Geldermann, T. Spengler, O. Rentz // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2000. – № 115 (1). – P. 45-65.
15. *Goumas, M., Lygerou, V.* An extension of PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: ranking of alternative energy exploitation projects // *European Journal of Operational Research*. – 2000. – № 123 (3). – P. 606-613.
16. Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating / S. Hashemkhani Zolfani, M. H. Aghdaie, A. Derakhti, E. Zavadskas, M. H. M. Varzandeh // *Expert Systems with Applications*. – 2013a. – № 40 (17). – P. 7111-7121.
17. Design of products with both international and local perspectives based on Yin-Yang balance theory and SWARA method / S. Hashemkhani Zolfani, E. Zavadskas, Z. Turskis // *Economic Research*. – 2013b. – № 26 (2). – P. 153-166.
18. *Malczewski, J.* GIS-based multi-criteria decision analysis: a survey of the literature // *Int. J. Geogr. Inform. Sci.* – 2006. – № 20 (7). – P. 703-726.
19. *Jaržemskis, A.* Research on public logistics centre as tool for cooperation // *Transport*. – 2007. – Vol. XXII.
20. *Kayikci, Y.* A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions // *Social and Behavioral Sciences : Procedia*. – 2010. – № 2 (3). – P. 6297-6311.
21. *Md. Masiur Rahman, Muhammad Aamir Basheer.* Logistics Hub Location Optimization: A K-Means and P-Median Model Hybrid Approach Using Road Network Distances // *Transportation Research : procedia*. – 2025. – № 84 (3).
22. *Nobel, T., Mackenthun, F.* European freight villages and their success factors // *Logistics'14 Conference*. – Helsinki, 2014.
23. *Nutt, P. C.* Context, tactics, and the examination of alternatives during strategic decision-making // *European Journal of Operational Research*. – 2000. – № 124 (1). – P. 159-186.
24. *Okan Aksoy, Bahar Özyörük.* The importance of freight villages: An implementation in TCDD // *Applied Mathematical Modelling*, 2015.
25. *Regmi, M. B., Hanaoka, S.* Location analysis of logistics centers in Laos // *Int. J. Logist.* – 2013. – № 16 (3). – P. 227-242.
26. Greenhouse locating based on ANP-COPRAS-G methods – an empirical study based on Iran / N. Rezaeiniya, S. Hashemkhani Zolfani, E. K. Zavadskas // *International Journal of Strategic Property Management*. – 2012. – № 16 (2). – P. 188-200.
27. *Roso, V.* Factors influencing implementation of a dry port // *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* – 2008. – № 38 (10). – P. 782-798.
28. Complex model for the assessment of the location of highrise buildings in

the city urban structure / J. Tamošaitienė, J. Šipalis, A. Banaitis, E. Gaudutis // *International Journal of Strategic Property Management*. – 2013. – № 17 (1). – P. 93-109.

29. Feasibility of Freight Villages in the NYMTC Region: Task 4 – Measure of Relevance / S. Theofanis, M. Boile, P. Gilbert, A. Strauss-Wieder. – Rutgers Center for Advance Infrastructure and Transportation, 2010. – 30 p.

30. Wang, S., Liu, P. The evaluation study on location selection of logistics center based on fuzzy AHP and TOPSIS // *International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCom 2007)*, 21-25 September 2007. – Shanghai, 2007. – P. 3779-3782.

31. On the centroids of fuzzy numbers / Y.-M. Wang, J.-B. Yang, D.-L. Xu, K.-S. Chin // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2006. – № 157 (7). – P. 919-926.

32. Yildirim, B. F., Önder, E. Evaluating potential freight villages in Istanbul using multicriteria decision making techniques // *J. Logist. Manag.* – 2014. – № 3 (1).

33. A Comparative approach for ranking contaminated sites based on the risk assessment paradigm using fuzzy PROMETHEE / K. Zhang, C. Kluck,

G. Achari // *Environmental Management*. – 2009. – № 44 (5). – P. 952-967.

34. Cargo village – a new element Transport and logistics system / S. Vakulenko, P. Kurenkov, D. Romenskiy, K. Kalinin, M. Romenskaya // *Transport: Science, technology, management : scientific information collection*. – 2022. – № 11. – P. 3-9.

35. Arrangement of Railway Economics of Promising Freight Villages / S. Vakulenko, P. Kurenkov, D. Romenskiy, K. Kalinin, M. Romenskaya // *Proceedings of Petersburg Transport University*. – 2022. – № 19 (4).

36. Magamadova, M., Lisyukova, E. Analysis of the Freight Villages Concept (on the example of the project Freight Village Kaluga) // *Science and Education to Transport*. – 2023. – № 1.

37. Nikiforova, A. Cargo villages – a new level of service for shippers // *Transport in integration processes of the world economy : materials of IV International scient.-pract. online-conf.*, 2023.

38. Polubotko, A., Titova, S. Innovative aspects of system organization of information flows of transport and logistics infrastructure // *Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH)*. – 2025. – Vol. 32, № 1. – P. 81-95.

Об авторах:

Третьяченко Татьяна Валентиновна, кандидат экономических наук, доцент кафедры коммерции и логистики Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия, tat050161@yandex.ru

Титова Светлана Александровна, аспирант Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия, svetlana.shulgin@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

About the Authors:

Tatiana Tretyachenko, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor of the Department of Commerce and Logistics of Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia, tat050161@yandex.ru

Svetlana Titova, Postgraduate student of Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia, svetlana.shulgin@mail.ru

Conflict of Interest: The authors declare no conflicts of interest.