

Методология моделирования грузовых перевозок на основе статистических данных товарных групп

О. А. Лебедева¹✉, В. Е. Гозбенко^{1,2}

¹ Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, Российская Федерация

² Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

✉ kravhome@mail.ru

Резюме

В статье обозначена проблема генерации грузовых перевозок на основе имеющейся статистики по товарным группам в количественном выражении. Транспортная модель – важный инструмент планирования и развития транспортной инфраструктуры. Его роль заключается в выявлении узких мест в моделируемой транспортной инфраструктуре. Представленная методология определяет процедуру обработки транспортной модели в зависимости от целей, задач и планируемых инвестиционных затрат. Возможно применение в новых транспортных проектах, ведущих к изменению качества, объема или надежности функционирования транспортной инфраструктуры. Моделирование и анализ данных об интенсивности – это один из способов прогнозирования спроса на перевозки и поведение населения на исследуемой территории, а также планирование перспективных маршрутных схем движения. Для каждой транспортной задачи существует несколько возможных альтернативных решений, некоторые из них представлены в виде инвестиционных проектов. Однако тестирование нескольких альтернативных проектов в полевых условиях практически невозможно из-за сложности и/или высокой стоимости. Транспортное моделирование позволяет осуществить апробацию множества вариантов. Финансовые затраты и трудоемкость при применении имитационного моделирования минимальны. Транспортные модели условно можно разделить в зависимости от протяженности моделируемой территории, вида (видов) транспорта, временных затрат; доступности программного пакета. Транспортные модели, используемые на практике, часто представляют собой комбинацию типов моделей. Различные типы транспортных моделей строго не определены и могут пересекаться. Таким образом, с использованием методологии моделирования грузовых перевозок на основе статистических данных товарных групп, транспортной модели, становится возможно повышение эффективности работы мультимодальной сети посредством восстановления матрицы корреспонденций.

Ключевые слова

моделирование, грузовые перевозки, транспортная инфраструктура, методология моделирования, статистические данные

Для цитирования

Лебедева О. А. Методология моделирования грузовых перевозок на основе статистических данных товарных групп / О. А. Лебедева, В. Е. Гозбенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 4 (72). – С. 152–160. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.4(72).152-160

Информация о статье

поступила в редакцию: 09.09.2021, поступила после рецензирования: 18.09.2021, принята к публикации: 21.09.2021

Methodology for modeling freight transportation based on statistical data of commodity groups

O.A. Lebedeva¹, V.E. Gozbenko^{1,2}✉

¹ Angarsk State Technical University, Angarsk, the Russian Federation

² Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ kravhome@mail.ru

Abstract

The article outlines the problem of generating freight traffic based on the available statistics for product groups in quantitative terms. The transport model is an important tool for planning and developing transport infrastructure. Its role is to identify bottlenecks in the simulated transport infrastructure. The presented methodology determines the procedure for processing the transport model depending on the goals, objectives and planned investment costs. It can be applied to new transport projects leading to a change in the quality, volume or reliability of the transport infrastructure. Modeling and analyzing intensity data is one of the ways to predict the demand for transportation and the behavior of the population in the area in question, as well as planning future route patterns. There are several possible alternative solutions for each transport problem, some of which are presented in the form of investment projects. However, testing multiple alternative designs in the field is nearly impossible due to the complexity and / or high cost. Transport modeling allows a variety of options to be tested. The financial costs and labor intensity when using simulation modeling are minimal. Transport models can be conditionally divided depending on: the length of the simulated terri-

tory, type (s) of transport, time costs; availability of the software package. Transport models used in practice are often a combination of model types. The different types of transport models are not strictly defined and may overlap. Thus, using the methodology for modeling freight traffic based on statistical data of commodity groups or a transport model, it becomes possible to increase the efficiency of the multimodal network by restoring the correspondence matrix.

Keywords

modeling, freight transport, transport infrastructure, modeling methodology, statistic data

For citation

Lebedeva O. A., Gozbenko V. E. Otsenka gruzovoy matritsy korrespondentsiy s uchetom dannykh tovarno-transportnykh nakladnykh i intensivnosti dvizheniya [Metodologiya modelirovaniya gruzovykh perevozk na osnove statisticheskikh dannykh tovarnykh grupp]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 4 (72), pp. 152–160. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.4(72).152-160

Article Info

Received: 09.09.2021, Revised: 18.09.2021, Accepted: 21.09.2021

Введение

Транспортные модели в настоящее время играют важную роль в процессе принятия решений относительно направления политики и инвестиций сектора. Их применение варьируется в зависимости от предмета анализа и оценки мер по смягчению последствий из-за роста мировой автомобилизации. Процедуры, применяемые при проектировании транспортной модели, зависят от ее назначения и задач, для которых она разрабатывается [1–10]. Основная цель транспортной модели – провести квалифицированную оценку мер, направленных на оптимизацию существующей пропускной способности и планируемую транспортную инфраструктуру с возможностями перераспределения части грузовых перевозок на более экологически безопасные виды транспорта (железнодорожный и внутренний водный транспорт).

Это подразумевает необходимость разработки модели мультимодальных перевозок, в которую будет интегрирована транспортная сеть тех видов транспорта, которые имеют отношение к проекту (автомобильный, железнодорожный и внутренний водный транспорт). Цель моделирования связана с необходимостью унификации подходов заинтересованных стран в области разработки транспортной политики для создания современной транспортной инфраструктуры, удовлетворяющей растущему спросу на транспортные услуги. Определим основные цели транспортной модели:

1. Оценка текущего состояния грузовых перевозок (автомобильный, железнодорожный и внутренний водный транспорт, включая терминалы интермодальных перевозок) должна учитывать запланированные стратегические мероприятия на исследуемой территории. Результа-

том моделирования станет выражение доли водного и железнодорожного грузового транспорта, и его потенциала для достижения целей (перевод автомобильного грузового транспорта протяженностью более 300 км на другие виды транспорта – не менее 30 %).

2. Если модель не демонстрирует перераспределение транспортного потока, то целью является моделирование альтернативных сценариев развития на основе запланированных мер, вытекающих из стратегий развития региона с перераспределением грузовых перевозок между видами транспорта. Впоследствии проводится анализ узких мест в сети мультимодальных перевозок для их устранения.

Методы и процедуры, необходимые для разработки транспортной модели, основываются на цели и задачах проекта [11–24]. Транспортная модель состоит из двух подмоделей:

- модель соответствующей территории, включая внутренние и межзональные транспортные отношения;
- модель прилегающей территории, включая межзональные дороги и международное движение.

Процедура расчета грузовой транспортной модели

Модель грузовых перевозок на базе статистических данных товарных групп, основана по сравнению с классическим четырехэтапным подходом на упрощенной процедуре (рис. 1). Текущий спрос на грузовые перевозки моделируется с применением генерации грузовых перевозок на основе имеющейся статистики по товарным группам, выраженной в количественном выражении (т / год) для каждой зоны. Распределение грузовых перевозок выражается

в виде грузопотоков (т/год) между зонами в зависимости от параметров, их характеризующих. Предметом моделирования интенсивности потоков являются только этапы, связанные с выбором режима доставки и назначением маршрутов в сети. Выбор вида транспорта связан с межзонными потоками (т/год) для каждого вида транспорта. Впоследствии объемы товарных потоков в количественных единицах преобразуются в транспортные средства, осуществляющие перевозочный процесс между зонами. Выделение в сеть осуществляется посредством ввода данных на отдельных транспортных участках. Эта нагрузка на транспортную сеть обрабатывается, в том числе учитываются холостые ездки.

Исследуемая территория и ее зональное деление

В процессе разделения на зоны для транспортного моделирования, можно выделить следующие этапы:

1. Поездки к месту приложения труда и обратно:

- количество рабочих мест (сотрудников) на исследуемой территории (база данных рабочих мест или база данных сотрудников / работодателей; выборочное обследование работающего населения; данные переписи населения; данные о работодателях);

- анкетные опросы;

- анализ данных с SIM-карт.

2. Подвижность относительно учебных

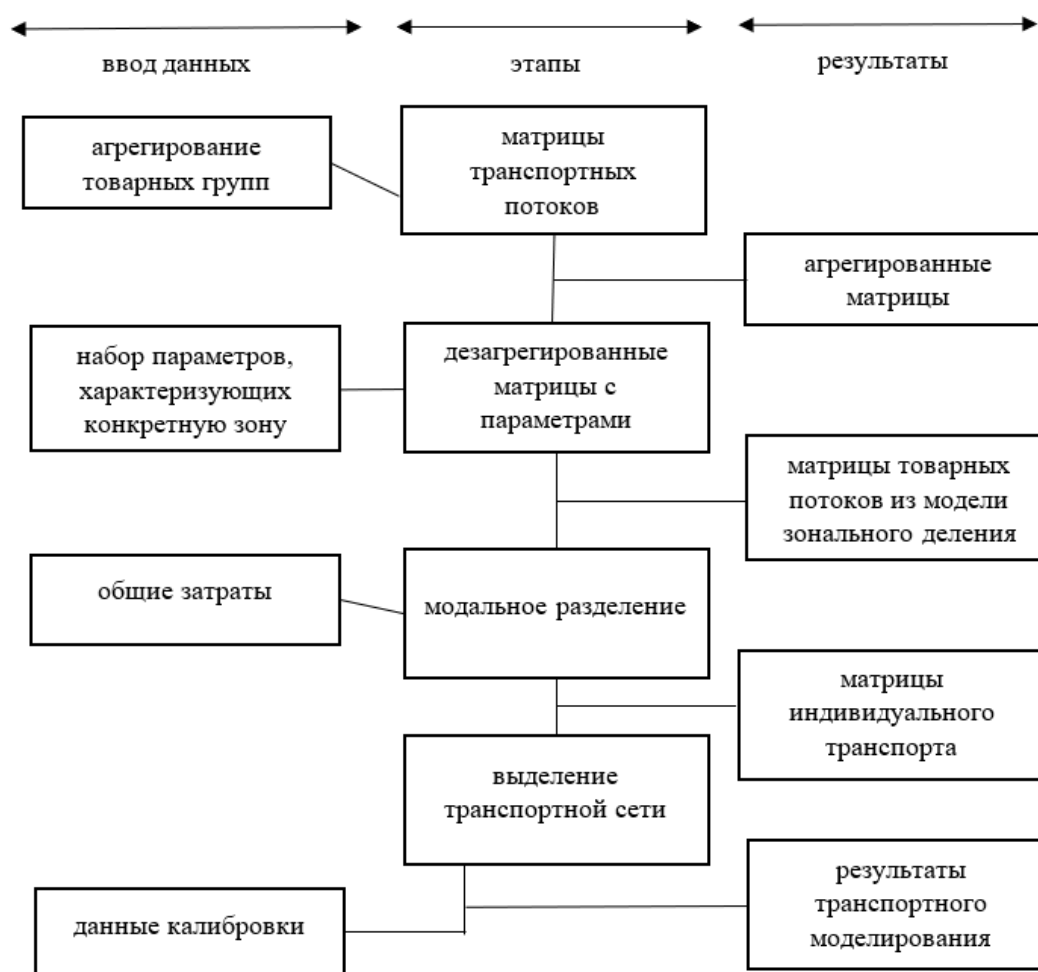


Рис. 1. Модель грузовых перевозок на основе статистических данных товарных групп
Fig. 1. Model of freight traffic based on statistical data of commodity groups

заведений (поддержка науки, исследований, разработок, инноваций и образования):

– количество мест в учебных заведениях (или площадь помещений).

3. Удовлетворение иных потребностей:

– подвижность к объектам государственного управления, торговым центрам и магазинам, здравоохранения, досуга.

Данные, основанные на фактической посещаемости объектов розничной торговли в небольших выборках могут быть обобщены, а привлекательность определена оценкой демографических показателей.

В крупномасштабных моделях, учитывающих геолокацию, цели поездок должны быть определены точно относительно типичного поведения транспортных потоков. Также следует учитывать более высокую привлекательность при поездках в пределах административных единиц. В этом случае необходимо учитывать типы зон (деловая, рекреационная) согласно действующему плану зонирования. Также учитываются поездки на дальние расстояния, межгосударственный транспорт.

Зонирование должно быть проведено таким образом, чтобы обеспечить использование исходных данных и полученных знаний о закономерностях с существующими транспортными моделями.

Транспортное предложение

Транспортное предложение определяется сетью, состоящей из узлов (соответствующих центроидов) и ребер (соединений между транспортными зонами). Ребрам присваиваются следующие параметры: длина; время езды подвижного состава; затраты на езду; параметры, влияющие на время и стоимость езды (пропускная способность, горная местность, северные районы).

Транспортная сеть является основой моделирования транспортных потоков. Данные, характеризующие ее параметры, являются относительно доступными и имеют различное качество. Объем структуры транспортной сети варьируется в зависимости от цели, для которой разработана эта модель. Транспортная сеть может состоять из разных видов транспорта. Рассмотрим сеть, состоящую из инфраструктуры автомобильного, железнодорожного и внутреннего водного транспорта со следующим уровнем детализации:

1. Сеть в транспортной модели исследуемой территории включает всю инфраструктуру до уровня детализации дорог категорией ниже. Местные дороги часто используются только для ограниченного распределения и замены их «ребрами» графа.

2. Железнодорожная транспортная сеть рассматривается в пределах исследуемой территории со станциями, включая маршруты.

3. Сеть внутренних водных путей интегрируется в модель в пределах судоходных участков водных путей IV и V классов и выше для исследуемой территории.

4. В модели сеть грузовых перевозок учитывается в определенных типах звеньев для автомобильных, железнодорожных и внутренних водных грузовых перевозок, а также включает индивидуальные интермодальные перевозки.

Каждому типу транспорта моделируемой инфраструктуры должны быть присвоены соответствующие подсистемы, основные характеристики и технические параметры сети. Помимо звеньев транспортная сеть включает в себя узлы, представляющие перекрестки, точки соединения зон движения или станции с определенными параметрами.

Исходные данные для модели

Данные, характеризующие предложение грузовых перевозок, отличаются от структуры, применяемой к моделям пассажирского транспорта. Для транспортной модели решающее значение имеет перемещение товаров с автомобильного транспорта на железнодорожный и внутренний водный соответственно, структура параметров транспортной сети включает данные о грузоподъемности и ограничениях на грузовые перевозки.

Определение спроса на перевозки в форме матриц корреспонденций в модели основано на объеме отправок грузовых товаров. Источниками данных являются статистические отчеты о производстве / потреблении и импорте / экспорте отдельных групп товаров. Модели вариантов загрузки, разгрузки и транспорта для конкретной товарной группы представляют собой основу расчета для последующих этапов транспортного моделирования. Исследования спроса на грузовые перевозки, проведенного между крупными производственными объектами и перевозчиками, зарегистрированными на территории, будут использоваться в качестве

дополнительного источника информации. Для перераспределения агрегированных товарных групп по отдельным зонам используются данные, характеризующие их относительно целей езды, численности населения, занятости в отраслях и других параметрах. Аналогичные матрицы также создаются за пределами исследуемой области, с зонами, имеющими потенциал для транзитного потока.

Далее приведены социально-экономические сведения, характеризующие привлекательность зоны для грузовых перевозок. Данные о населении:

- обобщенные данные о населении на муниципальном уровне;
- численность и состав населения;
- количество сотрудников, работающих в общеобразовательных учреждениях;
- численность учащихся школ;
- количество сотрудников среднего профессионального и высшего образования и их структура;
- численность студентов.

Данные о занятости:

- профессии по отраслям с геолокацией мест приложения труда;
- профессии в укрупненной группе (регионе, городе, области, крае, стране).

Статистические отчеты, описывающие взаимосвязи при перевозке грузов, необходимо разбить на более мелкие пространственные единицы (зоны) в соответствии с имеющимися данными и пространственной логикой. Процесс агрегации основан на применении релятивизирующего атрибута, который позволит перераспределить общие объемы товарных потоков на зональное деление в транспортной модели. Далее общие товарные потоки разделяются в соответствии с составом, применяемым в модели. Для этого этапа разукрупнения общего объема товаров по товарным группам на уровне зоны будут использоваться данные о численности занятых в сферах производства / потребления конкретной товарной группы или наличие значимого центра производства / потребления конкретной товарной группы. Для каждой товарной группы создается несколько пар «грузоотправитель – цель», для которых указывается вероятность их возникновения. Сумма вероятностей исходных вариантов объезда составляет продуктивность зоны, а для целевых путей – привлекательность для конкретной товарной группы.

Обобщенные затраты

Специфика моделирования грузовых перевозок заключается в том, что в зависимости от наличия матриц спроса в транспортном моделировании необязательно выполнять этапы расчета, связанные с распределением путей проезда. Расчет обобщенных трудозатрат на каждый вид транспорта – это финансовое выражение путевых расходов, наибольшую долю которых составляет временной параметр, который конвертируется в денежные единицы через воспринимаемую стоимость времени. Для транспортной модели обобщенные затраты определяются как:

$$GN = \left(1 + \sum A_{ST}\right) \times (VT_{KS} \times t + TC_{DS} \times I) + K_{DS},$$

где GN – обобщенные затраты; A_{ST} – атрибут транспортной сети; VT_{KS} – воспринимаемая стоимость времени для данной товарной группы; t – время в пути в часах; TC_{DS} – транспортные расходы на данном виде транспорта; I – расстояние в км; K_{DS} – постоянная транспортной системы [24].

Концепция воспринимаемой ценности времени представляет цену времени при перевозке товаров с точки зрения грузоотправителей или экспедиторов при выборе вида транспорта. В дополнение к компоненту цены на сырьевые товары, выводятся показатели надежности транспортного средства, риска заторов или транспортной безопасности. Их денежное выражение определяется на основе результатов зарубежных исследований.

Распределение езды

В модели этап распределения поездок на основе гравитационного метода не включен в виде алгоритма, так как на выбор пункта назначения для грузовых перевозок влияют несколько параметров, по которым нет описательной статистики. Однако для прогностической модели необходимо знать ход кривых распределения и их эластичность в зависимости от изменения обобщенных затрат в отношении перевозки товарных групп. Для оценки текущего состояния матриц спроса объем перевозок рассчитывался в соответствии с транспортным расстоянием. Определяются интервалы, при которых на кривой распределения происходят существенные изменения. Для каждого интервала вводится коэффициент (умножаются зна-

чения в базовой матрице корреспонденций) для адекватной оценки общего объема товарного потока относительно изменения расстояний транспортировки. Этот этап изменит ход кривой и уравнивает распределение на дальние и короткие расстояния. Аналогичная процедура реализуется для каждой товарной группы.

Распределение поездов рассчитывалось аналогично генерации, отдельно для каждой категории с использованием модели двустороннего взаимодействия, в которой объемы товарных потоков разделяются между зонами отправления и назначения (т / год). Расчет производится в два этапа:

1. Расчет индикаторных матриц по импедансу между транспортными зонами.

2. Расчет матриц товарных потоков (выраженных в тоннах в год) на основе оценочных матриц корреспонденций.

Матрица затрат рассчитывается в денежном выражении с использованием функции импеданса матрицы расстояний.

Синтетические модели не используются для определения распределения между зонами отправления и назначения, так как они не отражают реальное состояние. Практическая апробация показала, что распределение потоков зависит только от изменений в генерации. Однако изменения в матрице импеданса влияют на выбор графика работы и маршрута транспортировки, который основан на обобщенных затратах. Общие затраты и время представляют собой денежные и неденежные издержки на автомобильные, железнодорожные и водные пути и логистику. Они включают затраты, связанные с временем, расстоянием транспортировки и логистическими задачами. Стоимость в рамках модели определяется как:

– временные затраты, связанные с видами транспорта и потерей стоимости товаров по категориям;

– затраты, связанные с расстоянием, с видами транспорта;

– затраты на логистику – стоимость погрузо-разгрузочных работ и перевалки.

При выборе видов транспорта учитываются:

– атрибуты сети – графики работы, скоростной режим;

– система логистики, разделение товаров по видам групп.

Таким образом, для каждой из логистических систем разделяются затраты, зависящие от

расстояния, временные на погрузку, разгрузку и погрузочно-разгрузочные работы, а также фиксированные. Каждый товар относится к мультимодальной сети посредством итеративной процедуры восстановления матрицы корреспонденций. Результатом является выбор наиболее экономически выгодных видов транспорта и маршрута для каждой возможной пары пунктов.

Стоимость затрат на терминале не установлена. Время транспортировки включает управление подвижным составом, погрузку, разгрузку, обработку, а также время ожидания. Чем больше времени затрачивается на обработку и транспортировку товара, тем больше стоимостная потеря.

Выбор вида транспорта в первую очередь зависит от размера и объема отправки.

Основой для моделей прогнозирования спроса на грузовые перевозки является валовый внутренний продукт и производство по секторам. Эти данные зависят не только от экономического роста и уровня занятости, но и потенциального потребления и добавленной стоимости.

Распределение потока в сети

Плотность транспортной сети задается на основе стохастического алгоритма, учитывающего, что перевозчики стремятся к маршрутам с наименьшими обобщенными затратами (возможны отклонения, связанные с отсутствием исчерпывающей информации).

Алгоритм стохастического распределения основан на поиске всех альтернативных маршрутов, по которым происходит распределение потребности в транспорте. В исследовании используется метод присвоения равновесия с учетом пропускной способности транспортной сети. Для устранения ошибок на этапах расчета весь процесс носит итерационный характер.

Выбор вида транспорта или их комбинации определяется в зависимости от плотности мультимодальной сети (по отдельным группам товаров). Выбор графика работы и маршрута основаны на обобщенных затратах и рассчитываются одновременно для всех возможных комбинаций.

Логистические системы классифицируются в зависимости от требований к транспортировке товаров. В логистических моделях системы условно подразделяют на жидкости (нефтепродукты); жидкости (пищевые продук-

ты); сыпучие товары (сырье); сыпучие товары (строительные материалы); насыпные товары (продукты питания и корма); товары (упакованные в мешки); контейнеры; специальные грузовые автомобили; продукты, требующие при транспортировке соблюдения специального температурного режима.

Калибровка и валидация

Калибровка – это корректировка модели таким образом, чтобы моделируемые величины соответствовали наилучшим из найденных значений. Качество калибровки оценивается статистически с помощью программного обеспечения и проверяется на соответствие смоделированным и реальным данным. Для количественного выражения качества калибровки применен общепринятый метод статистики, математические обозначения которого следующие:

$$GEN = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}},$$

где M – рассчитанная часовая интенсивность; C – фактическая часовая интенсивность.

Выбор метода основан на необходимости устранения задачи, связанной с процентным соотношением отклонения интенсивности между рассчитанными и реальными данными.

Верификация транспортного моделирования осуществляется непрерывно на отдельных этапах и фокусируется на следующих предметных областях:

– проверка методологической процедуры (исходные данные, вид транспортного моделирования);

– проверка определенных сегментов (матрица, методы анализа модели);

– проверка функциональности (параметры транспортной сети).

Базовый уровень валидации транспортного моделирования осуществляется через единицу груза (количество т / год). В транспортных моделях эти единицы связаны с грузовыми транспортными средствами на средний рабочий день.

На этапе калибровки модели распределения грузовых потоков и транспортных расходов корректируются таким образом, чтобы воспроизводились реалистичные данные.

При проверке адекватности модели целесообразно использовать коэффициент корреляции, соответствующий отклонению RMSE, GEN.

Заключение

Представленная в статье транспортная модель позволяет получить анализ текущего состояния перевозочного процесса, социально-экономические условия в исследуемой зоне и прогностические показатели.

Методология транспортной модели охватывает способ сбора входных данных, калибровку модели текущего состояния, валидацию и выходные данные модели (картограммы интенсивности движения товарных потоков (транспортных средств), периоды пиковой нагрузки, суточную нагрузку, состав движения, картограмму загруженности транспортной сети).

Список литературы

1. Лебедева О.А., Крипак М.Н. Моделирование грузовых перевозок в транспортной сети // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2016. № 10. С. 182–184.
2. Лебедева О.А., Антонов Д.В. Моделирование грузовых матриц корреспонденций гравитационным и энтропийным методами // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 5 (100). С. 118–122.
3. Лебедева О.А., Крипак М.Н. Развитие городских грузовых систем с учетом концепции городского планирования // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2016. Т. 1. № 1. С. 244–247.
4. Федотова А.С., Лебедева О.А. Степень использования пропускной способности автомобильных дорог // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2015. Т. 1. № 1. С. 270–274.
5. Полтавская Ю.О. Применение геоинформационных систем для обеспечения устойчивого развития транспортной системы города // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине Сборник научных трудов VI Междунар. науч. конф. под редакцией О.Г. Берестневой, В.В. Спицына, А.И. Труфанова, Т.А. Гладковой. 2019. С. 164–167.
6. Полтавская Ю.О. Оптимизация транспортной сети на основе минимума общих затрат на доставку грузов // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2019. № 13. С. 178–183.
7. Шаров М.И., Михайлов А.Ю., Дученкова А.В. Пример оценки транспортной доступности с использованием программного продукта РТV «VISUM» // Изв. вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2013. № 1(4). С. 133–138.
8. Лебедева О.А. Анализ проектирования транспортных зон на основе моделирования сети // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2019. № 13. С. 172–177.

9. Гозбенко В.Е., Крипак М.Н., Иванков А.Н. Совершенствование транспортно-экспедиционного обслуживания грузопользователей. Иркутск: Изд-во ИргУПС, 2011. 176 с.
10. Lebedeva O.A., Kripak M.N., Gozbenko V.E. Increasing effectiveness of the transportation network through by using the automation of a Voronoi diagram. *Transportation Research Procedia*. 2018. Vol. 36. pp. 427–433.
11. Walancik M., Kurowska-Pysz J. Cross-border cooperation of local governments in the field of safety in Polish-Slovak projects. Theoretical approaches and a case study. *J. Def. Resour. Manag.* 2015, 6, pp. 45–54.
12. Guo R. Studying Borders. Evaluating Border Effects. *Cross-Border Resource Management*, 3rd ed.; Elsevier:Amsterdam, The Netherlands, 2018.
13. Castanho R.A., Cabezas J.; Fernández-Pozo L. Territorial Planning and Development Tools in Transboundary Areas. Study Case of the OTALEX-C Space. In Conference Paper, Proceedings of the Institute of Geography and Spatial Planning–University of Lisbon & International Journal of E-Planning Research, Lisbon, Portugal, 31 March–1 April 2016; Institute of Geography and Spatial Planning, University of Lisbon: Lisbon, Portugal, 2016.
14. Castanho R.A., Loures L., Cabezas J., Fernández-Pozo L. Cross-Border Cooperation (CBC) in Southern Europe–An Iberian Case Study. *The Eurocity ElvasBadajoz. Sustainability* 2017, 9, 360. [CrossRef]
15. Bufon M., Minghi J., Paasi A. (Eds.) *The New European Frontiers: Social and Spatial (Re) Integration Issues in Multicultural and Border Regions*; Cambridge Scholars Publishing: Cambridge, UK, 2014.
16. Balogh P. Pete M. Bridging the Gap: Cross-border Integration in the Slovak–Hungarian Borderland around Štúrovo–Esztergom. *J. Borderl. Stud.* 2018, 33, pp. 605–622.
17. Telle S., Svensson S. An organizational ecology approach to EGTC creation in East Central Europe. *Reg. Fed. Stud.* 2020, 30, pp. 47–71.
18. Kuzmin O.V., Seregina M.V. Plane sections of the generalised Pascal pyramid and their interpretations. *Discrete Mathematics and Applications*, 2010, 20(4), pp. 377–389.
19. Balagura A.A., Kuzmin O.V. Generalised Pascal pyramids and their reciprocals. *Discrete Mathematics and Applications*, 2007, 17(6), pp. 619–628.
20. Dohn K., Knop L., Kramarz M., Przybylska E. *Transport Intermodalny w Kontekście Rozwoju Regionalnego*, Wyd; Dom Organizatora: Toruń, Poland, 2019.
21. Jacyna-Golda I., Zak J., Golebiowski P. Models of traffic flow distribution for various scenarios of the development of proecological transport system. *Arch. Transp.* 2014, 32, pp. 17–28.
22. Roeder O., Sammer G., Riegler S., Klements R., Bezak B., Balko G. Challenges of border-crossing transport demand surveys – Methodical solutions and experiences with their organization to achieve high quality, an UE-perspective. *Transp. Res.* 2018, 32, pp. 394–403.
23. Nie T., Ye K. Demystifying the barriers to transport infrastructure project development in fast developing regions: The case of China. *Sustainability* 2017, 9, 1915.
24. Project TRANS TRITIA, D.T3.2.4 Report, Implementation plan for TRITIA region. URL: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/Implementation-plan-for-TRITIA-region.pdf>.

References

1. Lebedeva O.A., Kripak M.N. Modelirovaniye gruzovykh perevozok v transportnoy seti [Modeling of freight transport in the transport network]. *Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Angara State Technical University]*. 2016. No. 10. pp. 182–184.
2. Lebedeva O.A., Antonov D.V. Modelirovaniye gruzovykh matrits korrespondentsiy gravitatsionnym i entropiynym metodami [Modeling of cargo correspondence matrices by gravity and entropy methods]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of Irkutsk State Technical University]*. 2015. No. 5 (100). pp. 118–122.
3. Lebedeva O.A., Kripak M.N. Razvitiye gorodskikh gruzovykh sistem s uchetom kontseptsii gorodskogo planirovaniya [Development of urban freight systems taking into account the concept of urban planning]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Collection of scientific papers of Angara State Technical University]*. 2016. Vol. 1. No. 1. pp. 244–247.
4. Fedotova A.S., Lebedeva O.A. Stepen' ispol'zovaniya propusknoy sposobnosti avtomobil'nykh dorog [The degree of utilization of the capacity of highways]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Collection of scientific papers of Angara State Technical University]*. 2015. Vol. 1. No. 1. pp. 270–274.
5. Poltavskaya Yu.O. Primeneniye geoinformatsionnykh sistem dlya obespecheniya ustoychivogo razvitiya transportnoy sistemy goroda [The use of geographic information systems to ensure the sustainable development of the city's transport system]. *Informatsionnyye tekhnologii v nauke, upravlenii, sotsial'noy sfere i meditsine. Sbornik nauchnykh trudov VI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Pod redaktsiyey O.G. Berestnevoy, V.V. Spitsyna, A.I. Trufanov, T.A. Gladkovoy [Information technologies in science, management, social sphere and medicine Collection of scientific papers VI Intern. scientific conf. edited by O.G. Berestneva, V.V. Spitsyna, A.I. Trufanova, T.A. Gladkova]*. 2019. pp. 164–167.
6. Poltavskaya Yu.O. Optimizatsiya transportnoy seti na osnove minimuma obshchikh zatrat na dostavku gruzov [Optimization of the transport network based on the minimum total costs for the delivery of goods]. *Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Angarsk State Technical University]*. 2019. No. 13. pp. 178–183.
7. Sharov M.I., Mikhaylov A.Yu., Duchenkova A.V. Primer otsenki transportnoy dostupnosti s ispol'zovaniyem programmnoy produkta PTV «VISUM» [An example of assessing transport accessibility using the software product PTV "VISUM"]. *Izv. vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' [Izv. universities. Investments. Construction. Real estate]*. 2013. No. 1(4). pp. 133–138.

8. Lebedeva O.A. Analiz proyektirovaniya transportnykh zon na osnove modelirovaniya seti [Analysis of the design of transport zones based on network modeling]. *Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Angarsk State Technical University]*. 2019. No. 13. pp. 172–177.
9. Gozbenko V.Ye., Kripak M.N., Ivankov A.N. Sovershenstvovaniye transportno-ekspeditsionnogo obsluzhivaniya gruzovladel'tsev [Improving forwarding services for cargo owners]. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2011. 176 p.
10. Lebedeva O.A., Kripak M.N., Gozbenko V.E. Increasing effectiveness of the transportation network through by using the automation of a Voronoi diagram. *Transportation Research Procedia*. 2018. Vol. 36. pp. 427–433.
11. Walancik M., Kurowska-Pysz J. Cross-border cooperation of local governments in the field of safety in Polish-Slovak projects. *Theoretical approaches and a case study*. J. Def. Resour. Manag. 2015, 6, pp. 45–54.
12. Guo R. Studying Borders. Evaluating Border Effects. *Cross-Border Resource Management*, 3rd ed.; Elsevier:Amsterdam, The Netherlands, 2018.
13. Castanho R.A., Cabezas J.; Fernández-Pozo L. Territorial Planning and Development Tools in Transboundary Areas. Study Case of the OTALEX-C Space. In *Conference Paper, Proceedings of the Institute of Geography and Spatial Planning–University of Lisbon & International Journal of E-Planning Research, Lisbon, Portugal, 31 March–1 April 2016*; Institute of Geography and Spatial Planning, University of Lisbon: Lisbon, Portugal, 2016.
14. Castanho R.A., Loures L., Cabezas J., Fernández-Pozo L. Cross-Border Cooperation (CBC) in Southern Europe—An Iberian Case Study. *The Eurocity ElvasBadajoz. Sustainability* 2017, 9, 360. [CrossRef]
15. Bufon M., Minghi J., Paasi A. (Eds.) *The New European Frontiers: Social and Spatial (Re) Integration Issues in Multicultural and Border Regions*; Cambridge Scholars Publishing: Cambridge, UK, 2014.
16. Balogh P.6 Pete M. Bridging the Gap: Cross-border Integration in the Slovak–Hungarian Borderland around Štúrovo–Esztergom. *J. Borderl. Stud.* 2018, 33, pp. 605–622.
17. Telle S., Svensson S. An organizational ecology approach to EGTC creation in East Central Europe. *Reg. Fed. Stud.* 2020, 30, pp. 47–71.
18. Kuzmin O.V., Seregina M.V. Plane sections of the generalised Pascal pyramid and their interpretations. *Discrete Mathematics and Applications*, 2010, 20(4), pp. 377–389.
19. Balagura A.A., Kuzmin O.V. Generalised Pascal pyramids and their reciprocals. *Discrete Mathematics and Applications*, 2007, 17(6), pp. 619–628.
20. Dohn K., Knop L., Kramarz M., Przybylska E. *Transport Intermodalny w Kontekście Rozwoju Regionalnego*, Wyd. Dom Organizatora: Toruń, Poland, 2019.
21. Jacyna-Golda I., Zak J., Golebiowski P. Models of traffic flow distribution for various scenarios of the development of proecological transport system. *Arch. Transp.* 2014, 32, pp. 17–28.
22. Roider O., Sammer G., Riegler S., Klementschtz R., Bezak B., Balko G. Challenges of border-crossing transport demand surveys – Methodical solutions and experiences with their organization to achieve high quality, an UE-perspective. *Transp. Res.* 2018, 32, pp. 394–403.
23. Nie T., Ye K. Demystifying the barriers to transport infrastructure project development in fast developing regions: The case of China. *Sustainability* 2017, 9, 1915.
24. Project TRANS TRITIA, D.T3.2.4 Report, Implementation plan for TRITIA region. URL: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/Implementation-plan-for-TRITIA-region.pdf>.

Информация об авторах

Лебедева Ольга Анатольевна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры управления на автомобильном транспорте, Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, e-mail: kravhome@mail.ru.

Гозбенко Валерий Ерофеевич – д-р техн. наук, профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, e-mail: vgozbenko@yandex.ru.

Information about the authors

Ol'ga A. Lebedeva – Ph.D. in Engineering Sciences, Assoc. Prof., Assoc. Prof. at the Subdepartment of Management of Automobile Transport, Angarsk State Technical University, Angarsk, e-mail: kravhome@mail.ru.

Valerii E. Gozbenko – Doctor in Engineering Sciences, Prof., Prof. at the Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk, Angarsk State Technical University, Angarsk, e-mail: vgozbenko@yandex.ru.