



ОБЗОР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТОКОВ В ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

Д. Д. Варкентин

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Работа посвящена перспективам развития общественного пассажирского транспорта, анализу возможностей улучшения работы городского пассажирского транспорта путём получения информации при помощи обработки больших объемов данных с помощью информационных технологий и современного программного обеспечения.

В данной статье рассматриваются методы улучшения работы общественного транспорта с использованием современных технологий и учетом потребностей пассажиров. Подчеркивается важность применения информационных технологий и анализа больших объемов данных для улучшения планирования и эксплуатации общественного транспорта.

Ключевые слова: общественный транспорт, большие объемы данные, источники данных, информационные технологии, система пассажирского транспорта, спрос, опросы, транспортные потоки.

Для цитирования:

Варкентин, Д. Д. Обзор информационных технологий и программных систем для исследования потоков в городских транспортных системах / Д. Д. Варкентин // Системный анализ и логистика. – 2024. – № 4(42). – с. 57-64. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-4-57-64.

OVERVIEW OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SOFTWARE SYSTEMS FOR THE STUDY OF FLOWS IN URBAN TRANSPORT SYSTEMS

D. D. Varkentin

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The work is devoted to the prospects for the development of public passenger transport, the analysis of opportunities to improve the operation of urban passenger transport by obtaining information using big data processing using information technology and modern software.

This article discusses methods to improve the operation of public transport using modern technologies and taking into account the needs of passengers. The importance of using information technology and big data analysis to improve the planning and operation of public transport is emphasized.

Keywords: transport, big data, data sources, information technology, passenger transport system, demand, surveys, traffic flows.

For citation:

Varkentin, D. D. Overview of information technology and software systems for the study of flows in urban transport systems / D. D. Varkentin // System analysis and logistics. – 2024. – № 4(42). – p. 57-64. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-4-57-64.

Введение

В связи с постоянным ростом населения мегаполисов и расширением их территорий возникает необходимость интенсивного развития дорожной инфраструктуры, а также модернизации общественного транспорта с целью повышения комфорта, доступности и обеспеченности городского населения в перевозках.

Основной задачей в процессе развития и функционирования транспортной системы города является достижение соответствия между отдельными ее подсистемами с учетом удовлетворения потребностей населения и всех отраслей хозяйства в первую очередь соответствия между параметрами магистральной сети и транспортной нагрузки. Многообразие задач по обслуживанию производства и населения крупных городов делает транспортную проблему междисциплинарной, требующей участия в ее решении специалистов разного профиля: транспортников, социологов, экономистов и др.

Городской пассажирский транспорт имеет не только экономическое, но и большое социальное значение, т.к. влияет на жизнедеятельность общества и окружающую среду. С



работой транспорта тесно связаны темпы экономического развития страны, рост благосостояния и жизненного уровня населения, повышение культуры общества, улучшение его здоровья и укрепление социального оптимизма. Исходя из этого, проблема развития системы городского пассажирского транспорта представлена двумя задачами – изучение спроса на транспортные услуги со стороны производства и населения, а также организация необходимых предложений. Для их решения используются различные методы – анализ спроса, как задача концептуальная, решается методами общественных наук (разделы социологии), разработка предложений – методами естественных наук (математическое моделирование) [1]. Анкетное обследование передвижений к местам работы (учебы) выполняют, как правило, одновременно с переписью населения и проводят по месту жительства [2].

В последнее время важным аспектом также стало внедрение новых технологий для улучшения эффективности функционирования транспортной инфраструктуры, таких как электронные билетные системы, мониторинг движения транспорта, системы подсчета пассажиров и др. Применение новых технологий, улучшает работу и упрощает процессы использования пассажирского транспорта, а также открывает новые возможности для анализа данных с целью дальнейшего улучшения работы пассажирского транспорта.

Методики исследования городского пассажирского транспорта с применением информационных технологий.

Планирование и эксплуатация общественного транспорта уже включает в себя множество источников данных. Продолжающаяся оцифровка общественного транспорта делает доступными новые источники данных и значительно увеличивает объем доступных данных в последние годы и десятилетия. Эти источники данных, в свою очередь, генерируют большой объем данных в самых разных форматах и скоростях. Тем не менее, многие проблемы при планировании общественного транспорта в настоящее время возникают из-за отсутствия последовательной информации, и транспортные компании в настоящее время не могут использовать весь потенциал своих данных. Применение методов науки о данных к огромному объему данных в общественном транспорте может стать ключом, необходимым для заполнения информационного пробела и обеспечения основы для дальнейшего расширения общественного транспорта [3].

Для формирования данных могут использоваться, следующие современные информационные источники, такие как:

- автоматизированные системы контроля оплаты проезда;
- автоматизированные системы подсчета пассажиров;
- автоматизированные системы определения местоположения транспортных средств;
- датчики состояния автомобиля;
- мобильный телефон пользователя.

В последнее время во всём мире увеличивается количество работ, связанных с применением источниками больших объемов данных и информационных источников на общественном транспорте.

В статье "Исследование потенциала методов обработки и анализа данных для устойчивого общественного транспорта" говорится о возможном применении информационных источников данных на транспорте, для возможности их дальнейшего анализа в целях улучшения работы транспортной системы. Также в ней говорилось о разработке панели, предназначенной для визуализации и обработки данных, взятых из информационных источников на транспорте, для графического анализа спроса на перевозки.

В статье "Анализ взаимодействия между характеристиками зон влияния автобусных остановок и снижением пассажиропотока во время локдаунов COVID-19" с помощью анализа данных пассажиропотока за 2017-2019, было рассчитано отклонение спроса на пассажирский



транспорт в различных зонах влияния в период пандемии. В данной работе отклонение было связано с землепользованием в различных участках города, для того чтобы улучшить работу транспорта в период пандемии, была разработана новая методология ГИС, позволяющая определять эти характеристики по большому объему данных с высокой пространственной детализацией и точно соотносить их с отдельными автобусными остановками. После обработки данных было разработано несколько моделей множественной линейной регрессии для определения переменных, связанных с различными видами деятельности и изменениями мобильности во время локдауна, которые могут объяснить изменение спроса из-за пандемии COVID-19. Для каждой автобусной остановки определялось общее количество жителей в зоне влияния путем создания 300-метровой буферной зоны вокруг каждой остановки, количество жителей было определено в соответствии с переписью населения. Каждому зданию был присвоен средний доход на одного жителя, учитывая общий доход каждого здания в пределах буферной зоны. Таким образом, анализ учитывал различные характеристики дохода участков переписи вокруг каждой остановки. Также нежилые здания были поделены по видам землепользования, им был присвоен коэффициент в соответствии с их влиянием на транспортный спрос.

Различные виды землепользования были выбраны на основе их связи с видами деятельности, которые были ограничены в различные рассматриваемые периоды, и их статистической значимости в более суровый период изоляции. Наконец, были выбраны семь видов землепользования: образовательные учреждения, магазины второстепенной важности, супермаркеты, офисы, больницы и предприятия гостиничного бизнеса [4].

По данным анализа можно сделать вывод, о том, где транспорт будет наиболее востребован в период локдаунов. По итогу наиболее устойчивый спрос оказался в районах с высокой плотностью населения и низким уровнем дохода. Вместе с тем, положительно влияло на спрос наличие в районах магазинов первой необходимости и больниц.

Также при помощи источников данных и применения информационных технологий на общественном транспорте в статье "Развитие системы помощи пассажирам для повышения привлекательности местного общественного транспорта", был представлен ряд концепций, которые могут сделать пользование транспортом более удобным за счёт применения новых технологий. Представленные в статье системы помощи направлены на повышение привлекательности общественного транспорта за счет снижения барьеров для использования, тем самым способствуя устойчивому поведению путешественников.

Выявлены три основных барьера: переполненные транспортные средства, пропущенные стыковки и неудобства при транспортировке сумок и багажа. Для решения этих проблем были разработаны следующие вспомогательные системы: информационная система, информирующая пассажиров об уровне заполненности транспортных средств, мониторинг стыковочных рейсов [5].

Была разработана вспомогательная система, при которой в случае, если транспортное средство прибывает с опозданием на контролируемую пересадку, а задержка выезда другого транспортного средства возможна без недопустимых негативных эксплуатационных последствий, водитель получает приказ подождать от ответственного информационно-планировочного центра через бортовой компьютер. Пассажиры получают обновленную информацию о запрошенной пересадке через дисплей в транспортном средстве или мобильное приложение, также сами могут запрашивать пересадки через мобильные приложения и бортовые компьютеры.

Кроме того, был проведен опрос среди жителей, о том, что в данных системах помощи они считают более важным. Была затронута тема дальнейшего развития общественного транспорта. Например: на что пассажиры с наибольшей вероятностью согласятся в обмен на низкую заполняемость: более длительное ожидание следующей стыковки, более длительную продолжительность поездки или большее количество пересадок.

В статье «Уровень удовлетворенности студентов университетов различными видами



транспорта» рассматривалась удовлетворенность жителей греческого города Салоники общественным транспортом. Был проведен онлайн опрос о работе разных видов транспорта в зоне города.

Первый раздел вопросника включал следующие шесть вопросов: а) пол, б) возраст, с) семейное положение, d) ежемесячный доход, е) уровень образования и f) муниципалитет по месту жительства. Вопросы от а до е позволяли пользователям выбирать свой ответ из списка (возможных ответов), в то время как для вопроса f пользователи могли свободно отвечать по своему усмотрению. Второй раздел вопросника включал восемнадцать вопросников [6]. В которых были вопросы о частоте использования различных видов транспорта и уровне удовлетворенности от их использования.

Для определения уровня удовлетворенности от использования общественного транспорта были использованы вопросы и показатели:

- Доступность была сопоставлена с ценой билета на общественный транспорт.
- Безопасность сопоставлялась с воспринимаемым уровнем безопасности при использовании общественного транспорта.
- Легкость получения сопоставлялась с легкостью посадки и высадки из общественного транспорта.
- Частота была сопоставлена с частотой движения общественного транспорта.
- Надежность сопоставлена соответствию согласованности движения, которую описывали администраторы и операторы общественного транспорта [6].

Основные вопросы включали четыре ответа на шкалу согласия, которую использует алгоритм:

- а) полностью согласен (10 баллов),
- б) в некоторой степени согласен (6,6 баллов),
- с) в некоторой степени не согласен (3,3 балла),
- д) категорически не согласен (0 баллов).

По итогу опросов, ходьба и частные автомобили были оценены позитивно по большинству показателей, в то время как общественный транспорт был оценен более негативно. Похоже, что частные автомобили считались очень удобными, особенно пассажирами, также они обеспечивали высокий уровень автономии. С другой стороны, их основным недостатком, как его выявили водители, стало негативное влияние пробок на дорогах. Общественный транспорт получил низкие оценки по большинству показателей удовлетворенности: частоте движения маршрутов, процессу посадки-высадки и безопасности, что указывает на то, что качество предоставляемых услуг является недостаточным. Таким образом, при помощи онлайн опроса была получена информация о том, что следует улучшить в работе общественного транспорта и что является важным для потенциальных пассажиров.

В статье «Влияние изменения климата на устойчивость городского транспорта к сложным экстремальным явлениям» был произведен прогноз устойчивости объектов транспортной системы к экстремальным явлениям. При помощи глубокого обучения нейронной сети, был создан прогноз на основе данных, собранных с прошлых событий связанных с экстремальными явлениями, связанными как с человеческими, так и природными факторами.

Модель прогнозирования на основе глубокого обучения совместной сверточной нейронной сети графов и технологии географической информационной системы (ГИС) также может быть использована для создания пространственно-временного динамического моделирования устойчивости транспорта, которое может быть тесно интегрировано со встроенной ГИС-технологией [7].

Информация, описывающая работу прогнозной модели строящийся с использованием машинного обучения, была изложена в практикуме: «Введение в технологии моделирования



транспортных процессов». Модель ищет в прошлом ситуацию похожую на текущую, и в качестве прогноза выдаёт, как события развивались дальше. Прогноз, основанный на предыстории, сравнивается с последующим развитием событий [8].

Также машинное обучение может применяться для таких целей как: распознавание дорожных знаков, обнаружение пешеходов, предупреждение о столкновении, адаптивный круиз-контроль и помощь при удержании полосы движения. Машинное обучение лежит в основе разработки беспилотных автомобилей, позволяя им воспринимать окружающую среду, принимать решения и безопасно перемещаться, также технологии машинного обучения применяются для множества прогнозных моделей.

Благодаря развитию информационных технологий, появилось множество программ позволяющих реализовать моделирование транспортных процессов и вести динамическую обработку больших данных. Кроме того, возможно упрощение анализа этих данных и вывод их в виде динамических графиков и динамических процессов с использованием агентов, которые моделируют поведение реального объекта.

Агентное моделирование – это ряд взаимодействий существующих активных объектов, которые отражают объекты и отношения в реальном мире, упрощают понимание и управления совокупностью сложных социальных и бизнес-процессов [9]. Большинство имеющихся исследований, посвященных моделированию работы объектов транспортной инфраструктуры, нацелены на анализ построенной имитационной модели и оптимизацию параметров её работы [10].

Примером современной программы для моделирования является Vissim. С помощью Vissim можно создавать 3D-модели дорожной сети и транспортных потоков, включая различные виды транспорта, такие как автомобили, автобусы, грузовики, трамваи и т.д. В программе можно задавать параметры скорости движения, времени сигналов светофоров. Она хорошо подходит для проверки влияния изменений в дорожной инфраструктуре на качество транспортного потока.

В ходе моделирования в программе Vissim участка дорожной сети Красносельского шоссе, на примере модели, воссозданной по данным потоков в пиковое время, удалось вычислить проблемные места на участке. В результате проведения экспериментов в программе удалось улучшить транспортную ситуацию, по средствам добавления дополнительных светофоров на выездах из торгового центра. При работе светофоров режиме координированного регулирования движения, со светофором расположенном на пересечение с Колобановской улицей, удалось добиться значительных улучшений движения на пересечении шоссе с улицей. Анализ результатов моделирования, таких как интенсивность движения и длина очереди, полученных с помощью детекторов транспорта в программе, подтвердил значительное улучшение дорожной ситуации на данном участке. Схема модели представлена на рисунке 1.

На диаграмме, изображенной на рисунке 2, произведено сравнение результатов, показывающее значительные улучшения показателей транспортного потока, уменьшение максимальной и средней длин очереди на участке Красносельского шоссе. За счёт уменьшения конфликтных зон на выездах из торгового центра, удалось значительно сократить количество остановок транспортных средств, также по итогу возросло число проехавших машин.

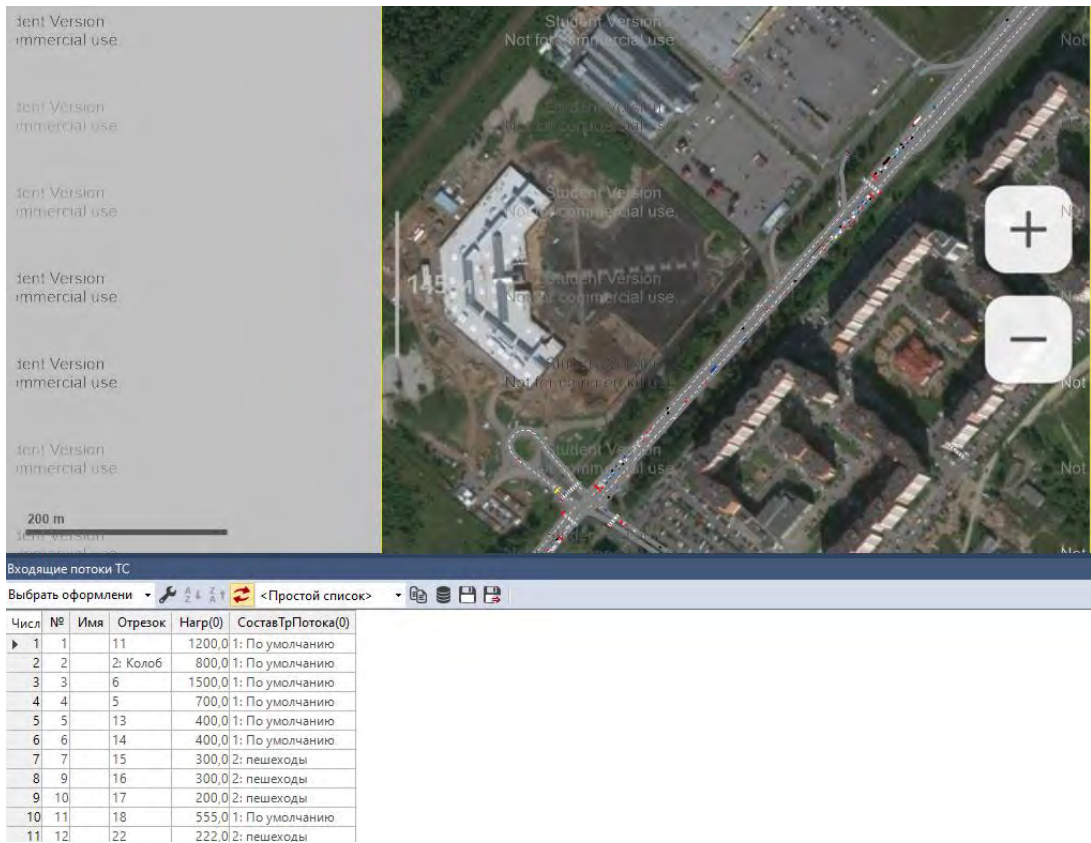


Рис. 1. Схема модели в Vissim

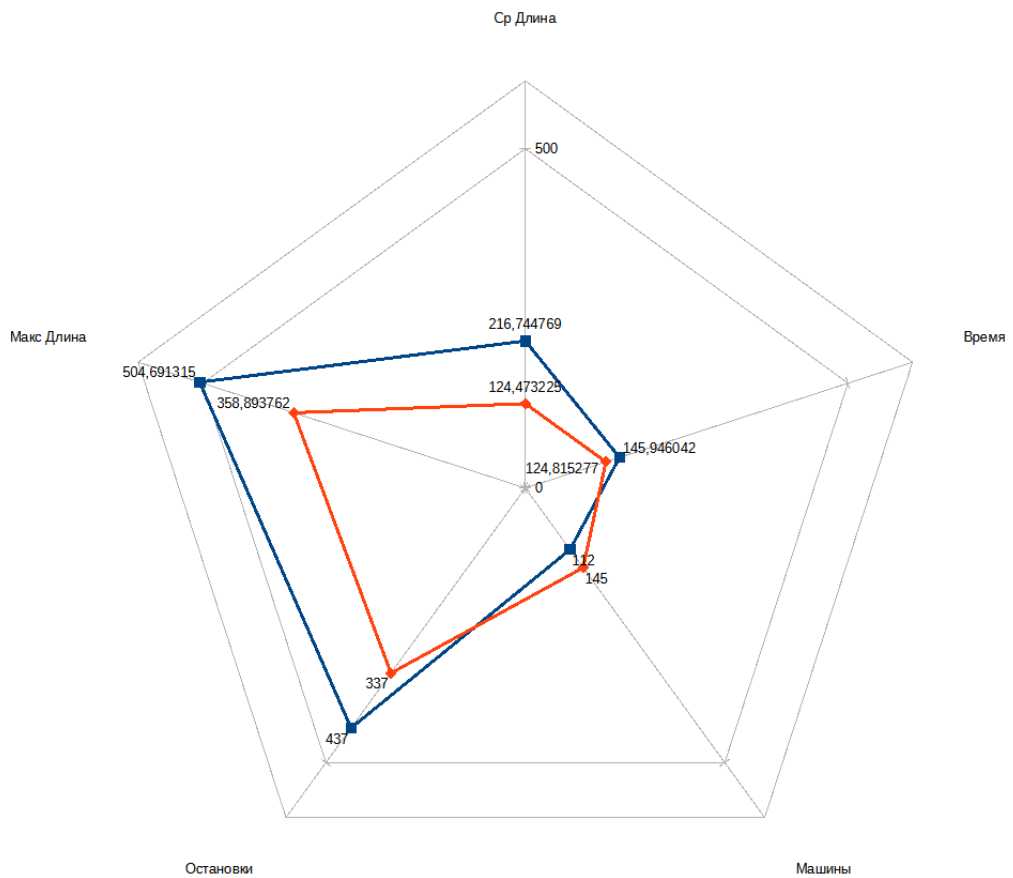


Рис. 2. Диаграмма изменений характеристик транспортного потока



По итогам экспериментов в Vissim на 39% уменьшилась длина очереди по Красносельскому шоссе, на 22% увеличилось количество проехавших машин и на 15% уменьшилось время в пути. Кроме улучшения дорожного движения, установка светофорного регулирования на выезде из ТЦ снизит аварийность на данном участке, за счёт того, что выезжающие на шоссе с ТЦ водители не будут мешать основному движению.

Таким образом, можно сказать, что в последних исследованиях в области общественного транспорта набирают популярность информационные технологии: они открывают возможности для моделирования транспортных процессов, упрощают прогнозирование дальнейшего развития транспортной системы, упрощают сбор больших данных о транспорте и опыте его использования со стороны пассажиров, помогают упростить процессы, связанные с использованием общественного транспорта.

Заключение

В целом, последние исследования показывают, что информационные технологии становятся все более распространенными в сфере транспорта, поскольку они обеспечивают возможность сбора и анализа большого объема данных. Это позволяет определить направление развития отрасли и принять меры по улучшению общественного транспорта. Очевидно, что большинство исследований направлены не только на прогнозирование спроса, но и на увеличение популярности пассажирского транспорта.

Новые технологии позволяют не только выявить проблемные места в системе общественного транспорта, но и исследовать причины низкого спроса на общественный транспорт и предпочтения в пользу автомобильных поездок, благодаря использованию онлайн-опросов и других методов массовой оценки. Это открывает возможности для разработки более эффективных стратегий развития общественного транспорта и улучшения его доступности и качества обслуживания.

Исследования с применением методов обработки больших объемов данных, получаемых при помощи информационных систем, набирает популярность. Появляются новые программные инструменты способные собирать и рассчитывать большие объемы данных. Также получило развитие разработка само обучаемых программ, которые способны решать задачи в зависимости от ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов. / Э. А. Сафронов. – Издательство Ассоциации строительных вузов 2005. – 276 с.
2. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов. / Е. М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 238с.
3. Keller C. Investigating the Potential of Data Science Methods for Sustainable Public Transport. / C. Keller, F. Glück, C. F. Gerlach, T. Schlegel // Sustainability. – 2022. – № 14, 4211. – 26 p.
4. Montero-Lamas Y. Analysis of the Relationship between the Characteristics of the Areas of Influence of Bus Stops and the Decrease in Ridership during COVID-19 Lockdowns. / Y. Montero-Lamas, A. Orro, M. Novales, F.-A. Varela-García // Sustainability. – 2022. – № 14, 4248. – 19 p.
5. Faulhaber A. K. Development of a Passenger Assistance System to Increase the Attractiveness of Local Public Transport. / A. K. Faulhaber, J. Hegenberg, S. E. Kahnt, F. Lambrecht, D. Leonhäuser, S. Saake, F. Wehr, L. Schmidt, C. Sommer // Sustainability. – 2022. – № 14, 4151. – 17 p.
6. Bouhouras E. Level of Satisfaction among University Students Using Various Transport Modes. / E. Bouhouras, S. Basbas, G. Mintsis, C. Taxiltaris, M. Miltiadou, A. Nikiforiadis, M. N. Konstantinidou, E. Mavropoulou // Sustainability. – 2022. – № 14, 4001. – 14 p.



7. *Ji T.* The Impact of Climate Change on Urban Transportation Resilience to Compound Extreme Events. / T. Ji, Y. Yao, Y. Dou, S. Deng, S. Yu, Y. Zhu, H. Liao // Sustainability. – 2022. – № 14, 3880. – 16 p.
8. *Андронов С. А.* Введение в технологии моделирования транспортных процессов: практикум / С. А. Андронов. – Издательство ГУАП, 2021. – 109 с.
9. *Майоров Н. Н.* Имитационное моделирование сложных транспортных систем: учебно-методическое пособие / Н. Н. Майоров, В. Е. Таратун – Издательство ГУАП, 2019. – 75 с.
10. *Волкова Е. М, Колесова В. М.* Построение городской транспортной системы на базе интеллектуальных технологий [Электронный ресурс] // Азиатско-Тихоокеанский регион: Экономика электронный научный журнал 2021. N 1. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_45590352_58873727.pdf (дата обращения: 30.05.2024).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Варкентин Данил Дмитриевич

Аспирант кафедры системного анализа и логистики
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: danil98wark@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Varkentin Danil Dmitrievich

Postgraduate student of the Department of System Analysis and Logistics
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: danil98wark@gmail.com