



## НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ОБЛАСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАМВАЙНЫХ СЕТЕЙ

**Д. Ю. Марчук**

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*В этой статье представлены результаты анализа наукометрических данных статей, связанных с оценкой эффективности работы улично-дорожной сети, представленных в отечественной библиографической базе данных РИНЦ и международной базе данных Scopus. В первой части статьи, используя ключевые слова, сформирована публикационная активность статей, опубликованных в период с 2009 года по 2024 год в научной библиотеке ELibrary.com. Приведены наиболее публикуемые научные организации и научные журналы, доступные в РИНЦ. Во второй части статьи проведен анализ статей из Scopus. Построены наукометрические картины с помощью программы VOSviewer.*

*Ключевые слова: наукометрический анализ, трамвай, трамвайная сеть, развитие транспорта, эффективность, рельсовый транспорт, имитационное моделирование, загруженность, пассажиропоток, городской транспорт, улично-дорожная сеть, инфраструктура, мегаполис.*

**Для цитирования:**

*Марчук, Д. Ю. Наукометрический анализ в области оптимизации трамвайных сетей / Д. Ю. Марчук // Системный анализ и логистика. – 2024. – № 3(41). – с. 25-38. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-3-25-38.*

## SCIENTOMETRIC ANALYSIS IN THE FIELD OF OPTIMIZATION OF TRAM NETWORKS

**D. Y. Marchuk**

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*This article presents the results of the analysis of scientometric data of articles related to the assessment of the effectiveness of the road network, presented in the Russian bibliographic database of the RSCI and the international database Scopus. In the first part of the article, using keywords, the publication activity of articles published in the period from 2009 to 2024 in the scientific library is formed ELibrary.com. The most published scientific organizations and scientific journals available at the RSCI are listed. The second part of the article analyzes articles from Scopus. Scientometric paintings were built using the VOSviewer program.*

*Keywords: scientometric analysis, tram, tram network, transport development, efficiency, rail transport, simulation modeling, congestion, passenger traffic, urban transport, street network, infrastructure, megapolis.*

**For citation:**

*Marchuk, D. Y. Scientometric analysis in the field of optimization of tram networks / D. Y. Marchuk // System analysis and logistics. – 2024. – № 3(41). – p. 25-38. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-3-25-38.*

### Введение

Городской общественный транспорт является важнейшей частью инфраструктуры современных мегаполисов. Оптимизация работы трамвайных сетей, в частности маршрутов, графиков движения и других параметров, позволяет повысить эффективность и привлекательность этого вида транспорта для населения. Это, в свою очередь, способствует снижению нагрузки на автомобильные дороги, уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу и формированию более благоприятной городской среды.

В качестве информационной базы для наукометрического анализа будут использованы данные российской платформы РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) и международной базы Scopus. Полученные результаты позволят выявить ключевые тенденции и актуальные проблемы в области оптимизации трамвайных сетей, а также обозначить перспективные направления дальнейших исследований.

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) – это национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 17 миллионов публикаций российских



авторов. Она позволяет оценивать публикационную активность ученых, организаций, журналов, анализировать тематику и цитируемость исследований.

Scopus – это международная реферативная база данных и система цитирования, которая индексирует более 22 тысяч названий научных изданий от более чем 5 тысяч международных издательств. Она считается одной из самых авторитетных и крупных баз данных научных публикаций в мире.

Использование данных из РИНЦ и Scopus дает возможность проводить комплексный наукометрический анализ, сочетая российские и международные источники. Это позволяет получить более полную картину научной деятельности в выбранной предметной области.

### **Анализ публикационной активности на основе РИНЦ**

Используя ключевые слова, проанализируем количество статей, опубликованных в период с 2009 года по 2024 год в базах данных и ELibrary.com. Для начала проанализируем основные ключевые слова, определяющие тематику диссертационного исследования.

На рисунке 1 представлен график, отражающий количество публикаций по ключевым словам, охватывающим более обширную область исследований: «развитие транспорта», «городской транспорт».

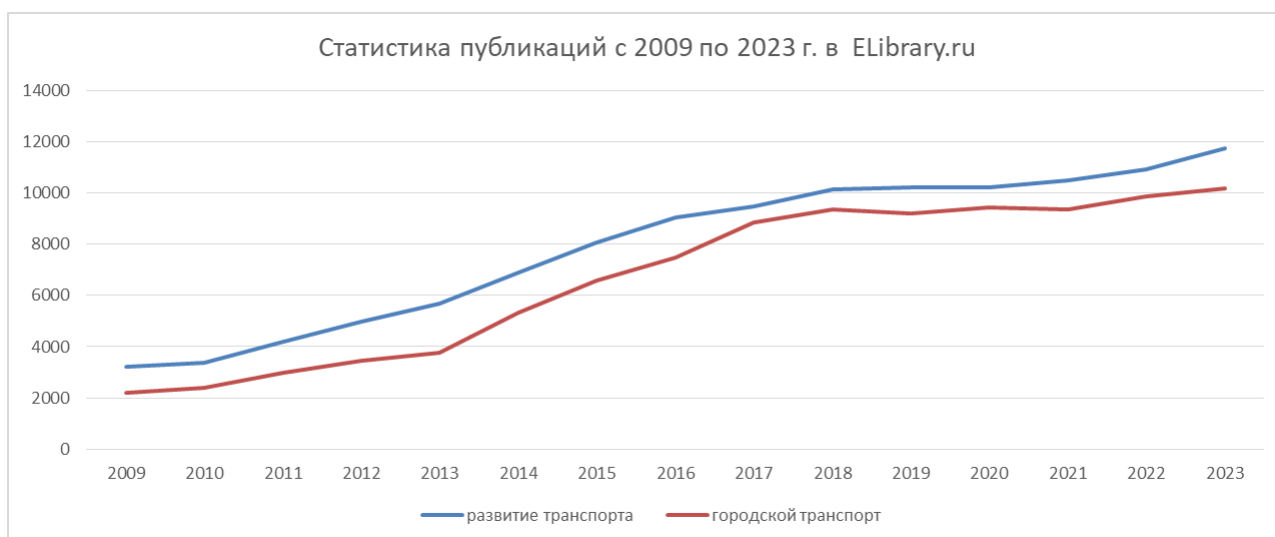


Рис. 1 Статистика публикаций с 2009 по 2023 г. по ключевым словам «развитие транспорта», «городской транспорт»

Исходя из приведенной статистики, можно сделать вывод, что темы «развитие транспорта» и «городской транспорт» имеют огромное внимание в обществе. Каждый год публикуется большое количество научных статей, и количество статей с каждым годом стабильно растет. На начало периода (2009 год) опубликовано 3226 и 2183 статьи по каждой теме соответственно. Максимальное количество статей опубликовано в прошлом году – 11720 и 10182 соответственно. Этот факт подтверждает актуальность тематики и интерес научного сообщества.

График на рисунке 2 показывает количество научных публикаций с ключевыми словами, сужающими специализацию исследований: «трамвайная сеть», «трамвай», «рельсовый транспорт», «пассажиропоток».

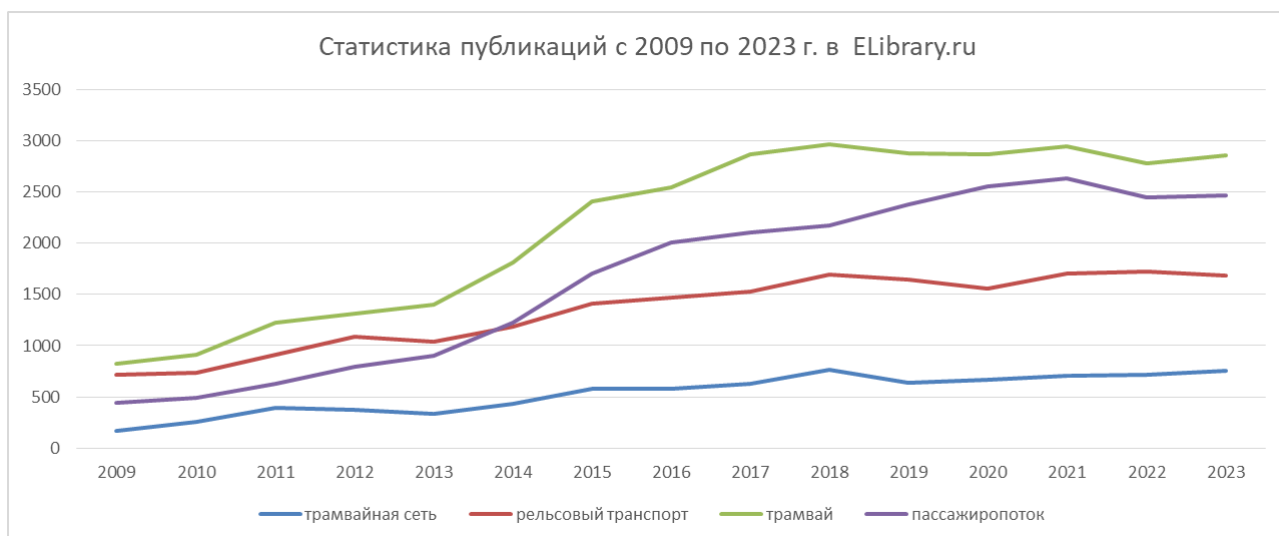


Рис. 2. Статистика публикаций с 2009 по 2023 г. по ключевым словам «трамвайная сеть», «трамвай», «рельсовый транспорт», «пассажиропоток»

Что касается более суженной тематики, касающейся непосредственно диссертационного исследования, а именно, развитие и совершенствование трамвая, можно заметить, что тенденция также остается позитивной. Публикационная активность по темам «трамвай» и «пассажиропоток» имеет резкий скачок в 2015. Максимальное количество публикаций по этим темам: 2964 и 2628 статей соответственно. Это означает, что тема интересна для исследователей. Также проанализируем остальные ключевые слова. Отообразим эти данные в виде линейной диаграммы (рис. 3 и 4).

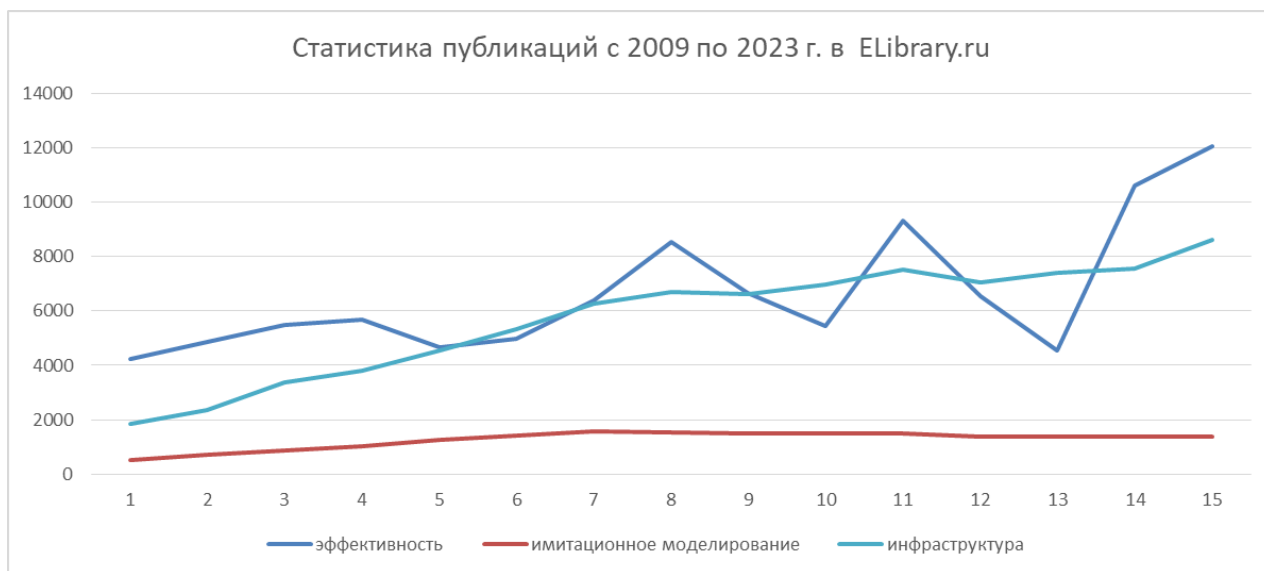


Рис. 3. Статистика публикаций с 2009 по 2023 г. по ключевым словам «Эффективность», «Имитационное моделирование», «Инфраструктура»

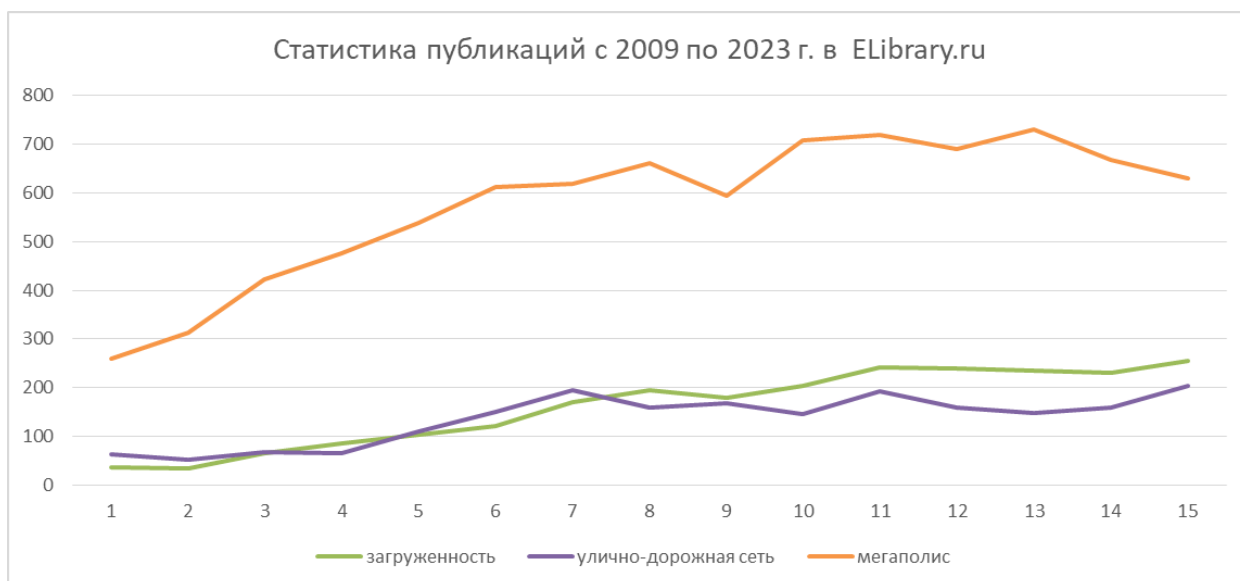


Рис. 4. Статистика публикаций с 2009 по 2023 г. по ключевым словам «Загруженность», «Улично-дорожная сеть», «Мегаполис»

По полученной статистике также можно сделать вывод о высокой публикационной активности и ее повышении по всем ключевым словам.

Ниже составлен список из 5 организаций, наиболее активно публикующих статьи с приведенными выше ключевыми словами в период с 2009 по 2023 г:

1. Российский университет транспорта (МИИТ) – 449 статей;
2. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет) – 327 статей;
3. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I – 285 статей;
4. Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) – 269 статей;
5. Волгоградский государственный технический университет – 231 статья.

Также составлен список из 5 научных журналов, доступных в РИНЦ, наиболее активно публикующих статьи с приведенными выше ключевыми словами в период с 2009 по 2023 г:

1. Мир транспорта – 181 статья;
2. Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник – 146 статей;
3. Железнодорожный транспорт – 113 статьи;
4. Транспорт Российской Федерации – 111 статей;
5. Инженерный вестник Дона – 109 статей.

#### **Анализ отобранных статей из РИНЦ**

В таблице 1 представлена выборка из 12 статей из базы данных РИНЦ. Здесь кратко описана суть статей: описание мат. моделей, результаты статей. Эти статьи могут быть полезны при написании диссертационной работы. В скобках возле автора указаны индексы Хирша

Индекс Хирша – это показатель, отражающий вклад ученого в науку, его продуктивность и влияние в академическом сообществе. Чем выше индекс Хирша, тем значительнее научный вклад ученого.



Таблица 1 – Исследование моделей и методов на основе РИНЦ

№	Статья	Авторы	Описание математической модели, описание граничных условий, описание условий
1	[1]	Мовчан, Н. В. (1), Полякова Ю.К.	В работе приведена оценка эффективности современной организации городского транспорта в г. Выборг. Описана текущая транспортная инфраструктура и проанализирована возможность внедрения трамвайной сети «Чижик». Исследование основано на имитационном моделировании в среде AnyLogic. Исходными данными для моделирования являются существующие и прогнозируемые сети маршрутов, пассажиропоток и основные данные трамвая.
2	[2]	Воронин, Н. В. (10)	Смоделированная схема маршрутов движения общественного транспорта 
3	[3]	Парлюк, Е. Г.	Предложенные в статье технологические алгоритмы моделирования пассажиропотока в системе «железная дорога – городской общественный транспорт» позволяют вести посуточный контроль количества и интервалов движения транспортных средств на конкретном направлении, на основе прогнозных данных о прибывающих пассажиропотоках на базе имитационного моделирования.
4	[4]	Рыжкова, Н. Ю.	Создание цифрового двойника дорожного перекрестка позволило получить инструмент для разработки различных стратегий управления движением на нем, которые выражаются в различном времени работы красного и зеленого цветов светофора. Проведение с моделью системы оптимизационного эксперимента позволило установить, что для минимизации затрат времени на проезд перекрестка и сокращения пробок на дорогах оптимальное значение работы зеленого сигнала светофора составляет 34 секунды.
5	[5]	Калмыков М.Ю., Коровяковский Е. К.(14), Поляков А. Е., Шолтысек Я	Имитационная модель транспортно-пересадочного узла Купчино с использованием городского наземного транспорта. Разработано предложение по перераспределению пассажиропотоков внутри транспортно-пересадочного узла
6	[6]	Холкин, А. В.	Были реализованы модели существующего и предлагаемого участка дороги. Проведены оптимизация фаз светофоров для обоих участков дорог средствами AnyLogic, а также анализ полученных данных и их сравнение. По результатам моделирования получены следующие результаты в сравнении с реально существующим участком дорожной сети: среднее время нахождения автомобиля снизилось на 8%, средняя скорость повысилась на 61%, а количество машин, проезжающих за час модельного времени, выросло на 25%



Продолжение таблицы 1

№	Статья	Авторы	Описание математической модели, описание граничных условий, описание условий
6	[6]	Холкин, А. В.	Были реализованы модели существующего и предлагаемого участка дороги. Проведены оптимизация фаз светофоров для обоих участков дорог средствами AnyLogic, а также анализ полученных данных и их сравнение. По результатам моделирования получены следующие результаты в сравнении с реально существующим участком дорожной сети: среднее время нахождения автомобиля снизилось на 8%, средняя скорость повысилась на 61%, а количество машин, проезжающих за час модельного времени, выросло на 25%
7	[7]	Гринченко, А. В.(8)	Представлена методика проектирования имитационной модели городского автобусного маршрута в программе AnyLogic, необходимая при изучении дисциплины «Основы телематики на транспорте». Модель содержит имитацию движения автобусов по трассе маршрута в соответствии с расписанием и имитацию прибытия пассажиров на каждую остановку маршрута, их посадку и высадку из подвижного состава.
8	[8]	Нурғалиев, Е. Р.(6)	Целью исследования является снижение аварийности на рассматриваемом участке. Для достижения поставленной цели выбран типовой участок улично-дорожной сети города, включающий в себя перекрестки со светофорной сигнализацией. На основе собранного фактического материала составлены предложения по перераспределению транспортных потоков
9	[9]	Андронов, Р. В.(7), Левренц Е.Э.(3)	В статье рассматриваются вопросы и результаты применения статистического моделирования (так называемого метода МонтеКарло) – одной из разновидностей имитационного моделирования – для оценки эффективности организации дорожного движения на примере пересечения улиц Тимофея Чаркова и Верхнетарманской в городе Тюмени. Приводятся результаты моделирования по длине очереди и величине задержки для одного автомобиля для сценария уширения проезжей части пересечения и/или введения адаптивного регулирования транспортных потоков.
10	[10]	Грязнов, М. В. (11), А. М. Литвинов(1)	Рассмотрен методический подход к оптимизации существующего методического инструментария, рекомендованного Минтрансом РФ для оптимизации маршрутной сети городского транспорта. Целевая функция: $F = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^Q t_{ij} \rightarrow \min$ Система ограничений: $\begin{cases} q_{\max} \leq q_n \\ A_m \leq \alpha_m \cdot A_{cn} \\ I \geq t_{n-g} \end{cases}$
11	[11]	Игнатов, А. В. (7), Басков В.Н.(13)	В данной статье представлены причины возникновения транспортных заторов на улично-дорожной сети городов с подробным их описанием. Дана характеристика транспортного затора и основные методы борьбы с ними. Представлена необходимость развития городского наземного электрического транспорта (в особенности трамвайного сообщения по выделенным линиям). Дано сравнение пассажироместимости подвижного состава различных видов транспорта разной категории.
12	[12]	Данилов, А. И.(3), Чижиков В.П.	Целью исследований является разработка модели эксплуатационного режима функционирования станции метрополитена при максимальных пассажиропотоках в часы пик, позволяющей определить количество людей, находящихся на всех элементах пассажирской зоны в пределах станционного комплекса.



## Анализ отобранных статей из Scopus

В таблице 2 представлена выборка из 9 статей из Scopus. Структура таблицы 2 аналогична таблице 1.

Таблица 2 – Исследование моделей и методов на основе SCOPUS

№	Статья	Авторы с указанием индекса Хирша	Описание математической модели, описание граничных условий, описание условий
1	[13]	Ultramari, Clóvis (4), Fernando Domingues Caetano(1), Prestes Olga Mara (1)	В данной статье рассматриваются четыре элемента: 1) разработка транспортной модели в городе и стране с ограниченными ресурсами для удовлетворения новых и растущих потребностей городского населения; 2) внедрение этой системы общественного транспорта в то время, когда другие бразильские города отдавали предпочтение частным автомобилям; 3) три отдельных транспортных проекта, демонстрирующих сложный процесс передачи, связанные с этим идеи, в частности взаимосвязь между местным творческим подходом и импортом решений; 4) предположение о том, что существует график разработки транспортных проектов и институциональный переход от ищем за рубежом решения, как стать экспортным центром.
2	[14]	Hensher, D.A.(83), Wei, E. (7), Liu, W.(13), Ho L.(3), Ho C.(18)	В этой статье разрабатывается практическая система моделирования спроса на грузовые перевозки и эти модели применяются в рамках интегрированной системы моделирования пассажирских и грузовых перевозок для столичного района Большого Сиднея с использованием платы за проезд на основе расстояния для грузовых и легковых автомобилей. Совокупная модель распределения типов грузовых автомобилей: $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J W_i F_{ij} \text{Log}P(i, j)$
3	[15]	Park Jung-soo(1)	Исследование выявило различное влияние различных переменных на пересадки из метро в автобус и из автобуса в метро. Исследование показало, что увеличение количества автобусных остановок и линий вокруг станций метро было наиболее эффективным методом увеличения числа пересадок пассажиров, при этом увеличение автобусных линий возле станций оказалось более значимым, чем простое добавление дополнительных остановок. Кроме того, Янг и др. Разработали теоретическую модель для оценки общей удовлетворенности пассажиров.
4	[16]	Merkisz-Guranowska A(8), Shramenko N(5), Kiciński M(4), Shramenko V.(3)	В статье предлагается имитационная модель для небольших партий грузов, доставляемых грузовыми трамваями в городе Познань, Польша. Авторы предоставляют инструмент поддержки принятия решений для оценки возможного расположения трамвайных депо и планирования маршрута. Назначение маршрутов, с критерием минимизации затрат для перевозчика, и с ограничением времени работы трамвая, основано на использовании генетических алгоритмов, что позволяет получить решение, близкое к оптимальному, в разумные сроки.



Продолжение таблицы 2

№	Статья	Авторы с указанием индекса Хирша	Описание математической модели, описание граничных условий, описание условий
5	[17]	Lv, Weixi, Jianwu Dang(4), Zhenhai Zhang, Yongzhi Min(3), and Jing Zuo.	Рассматриваются положительные и отрицательные эффекты сигнала особого приоритета на перекрестке, и строится модель оптимизации управления, которая объединяет городские рельсы и дороги. С целью создания сценария корректировки незапланированной задержки для трамваев предлагается алгоритм совместной онлайн-оптимизации, который учитывает потребление энергии, время в пути пассажиров и комфорт как трамваев, так и подключенных транспортных средств в качестве целей оптимизации для реализации комплексной корректировки траекторий движения и синхронизации сигналов.
6	[18]	Ibrahim, Abdullahi Adinoyi(2), Alessandro Lonardi(3), and Caterina De Bacco(13)	Недавние результаты, основанные на теории оптимального транспорта, предоставляют мощные и эффективные с вычислительной точки зрения методы для решения этой проблемы, но они в основном сосредоточены на моделировании однослойных сетей. Здесь мы адаптируем эти результаты для изучения того, как оптимальные потоки распределяются в многоуровневых сетях. Мы предлагаем модель, в которой оптимальные потоки на разных уровнях по-разному влияют на общую стоимость, которую необходимо минимизировать. Это делается с помощью параметра, который меняется в зависимости от уровня, что позволяет гибко настраивать чувствительность к загруженности различных уровней. В качестве приложения мы рассматриваем транспортные сети, где каждый уровень связан с другой транспортной системой, и показываем, как меняется распределение трафика по мере настройки этого параметра на разных уровнях. Мы показываем пример этого результата на реальной двухуровневой сети города Бордо с автобусом и трамваем, где мы обнаруживаем, что в определенных режимах наличие трамвайной сети значительно снижает нагрузку на дорожную сеть. Наша модель прокладывает путь для дальнейшего анализа оптимальных потоков и стратегий навигации в реальных многослойных сетях.
7	[19]	Krivda, Vladislav(7), Jan Petru(7), David Macha(2), and Jakub Novak(1).	В статье представлена модель микросимуляции трафика транзитного узла, которая была создана в программе PTV VISSIM/VISWALK. Эта модель была протестирована при различных транспортных нагрузках (т.е. Нормальных нагрузках, нагрузках с учетом расширения трамвайной сети и нагрузках на необычных спортивных или культурных мероприятиях). В рамках оценки контролируемого узла было проанализировано движение пассажиров по пешеходным зонам, эскалаторам и лестницам.
8	[20]	Velastin, Sergio A.(29), Rodrigo Fernández (1), Jorge E. Espinosa(6), and Alessandro Bay(4)	В этой статье показан способ сбора и анализа данных, необходимых как для моделирования трафика, так и для анализа лабораторных экспериментов с использованием новейших подходов интеллектуального зондирования. В документе представлен новый общедоступный набор видеоданных, собранный с использованием лабораторных записей в реальном масштабе времени.



Продолжение таблицы 2

№	Статья	Авторы с указанием индекса Хирша	Описание математической модели, описание граничных условий, описание условий
9	[21]	Majstorović, Igor(1), Maja Ahac(5), Janusz Madejski(1), and Stjepan Lakušić(3).	Целью представленного здесь исследования было ответить на эти вопросы путем проведения оценки качества путей трамвайной сети Осиека с использованием двух существенно отличающихся индексов TQI, W и J. Расчет индекса W был основан на соотношении геометрических величин, которые превышали допустимые допуски. Допустимые допуски (явно определенные для данного исследования как пределы предупреждения) были установлены по согласованию с менеджером трамвайных путей и с учетом опыта, накопленного при анализе качества геометрии путей трамвайных сетей с аналогичными характеристиками. Расчет индекса J был основан на взвешенных стандартных отклонениях параметров геометрии пути. Оба TQI были рассчитаны для всех 27,5 км действующих узкоколейных трамвайных путей на последовательных аналитических участках пути длиной 200, 100, 50 и 25 метров.

### Построение картографической картины в VOSviewer

VOSviewer – это программное обеспечение для построения и визуализации библиометрических сетей. Оно было разработано учеными из Университета Лейдена в Нидерландах. Основные возможности VOSviewer:

1. Визуализация библиометрических данных в виде карт, сетей, кластеров.
2. Анализ отношений между публикациями, авторами, журналами, ключевыми словами, организациями и другими элементами.
3. Представление структуры научной области в виде карты, где близость элементов отражает их смысловую близость.
4. Кластеризация элементов (публикаций, авторов и т.д.) на основе их взаимосвязей.
5. Возможность работы с большими объемами данных за счет эффективных алгоритмов визуализации.
6. Экспорт визуализаций в различные форматы для использования в научных работах, презентациях и т.д.

VOSviewer широко применяется в наукометрических исследованиях для анализа и визуального представления структуры научных областей, выявления ключевых направлений, авторов, журналов и других библиометрических показателей.

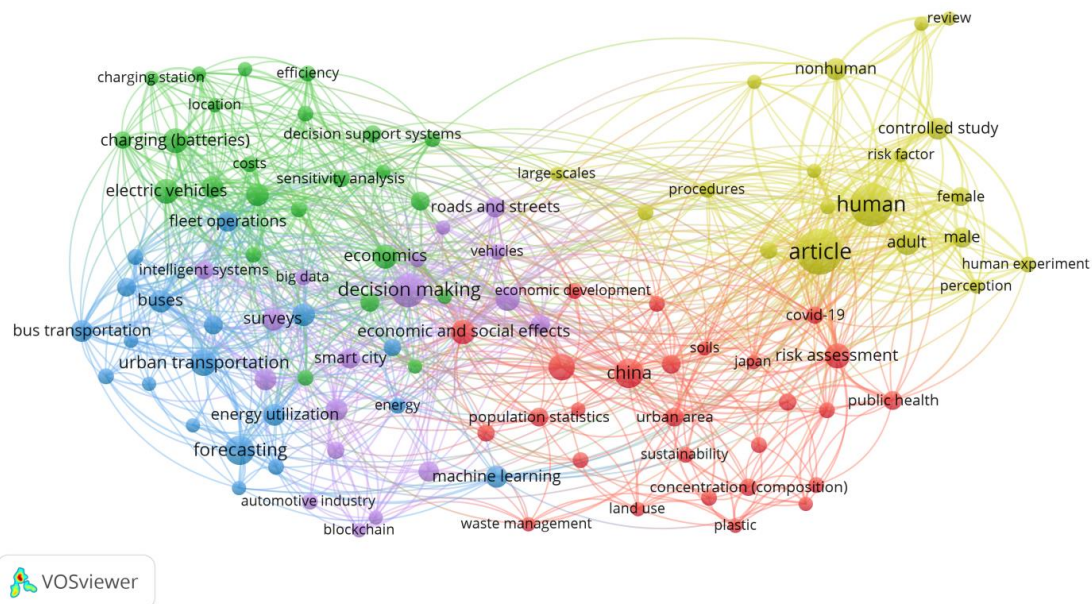


Рис. 8. Наукометрическая картина совпадений ключевых слов в базе данных Scopus с помощью программы VOSviewer

На данной карте три крупнейших кластера представлены ключевыми словами: электротранспорт, городской транспорт, человек, устойчивое развитие

### Ранжирование публикаций Scopus по квартилям

Квартиль (Q) – это категория научных журналов, определяемая библиометрическими показателями, отражающими уровень цитируемости, то есть востребованности журнала научным сообществом. В результате ранжирования каждый журнал попадает в один из четырёх квартилей: от Q1 (самого высокого) до Q4 (самого низкого). Наиболее авторитетные журналы принадлежат, как правило, к первым двум квартилям — Q1 и Q2. Данные, приведенные на рисунках 9-16, получены из информационной системы SCImago Journal Rank.

#### Квартиль Q1:

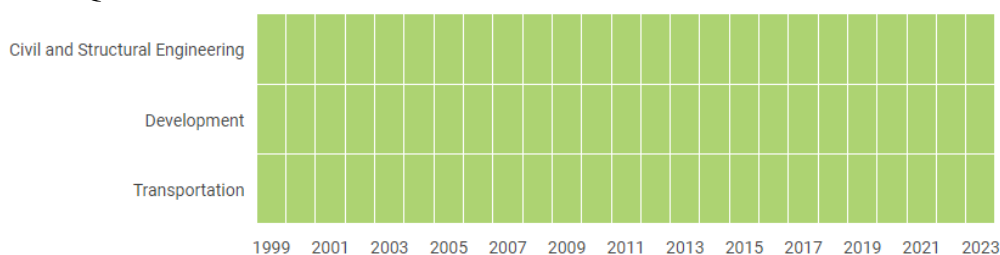


Рис. 9. Квартиль Q1 – Журнал Transportation (ISSN: 1572-9435)

#### Квартиль Q2:

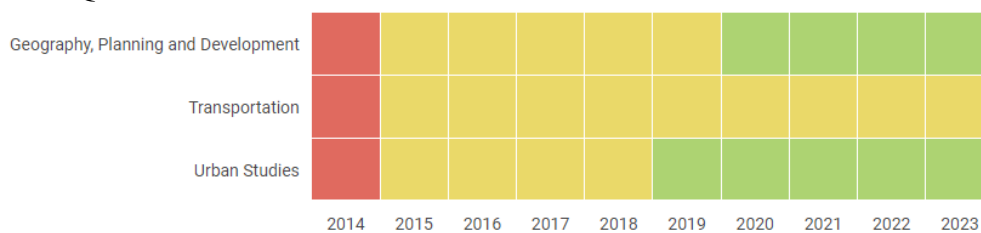


Рис. 10. Квартиль Q2 – Журнал Case Studies on Transport Policy (ISSN: 2213-6258)

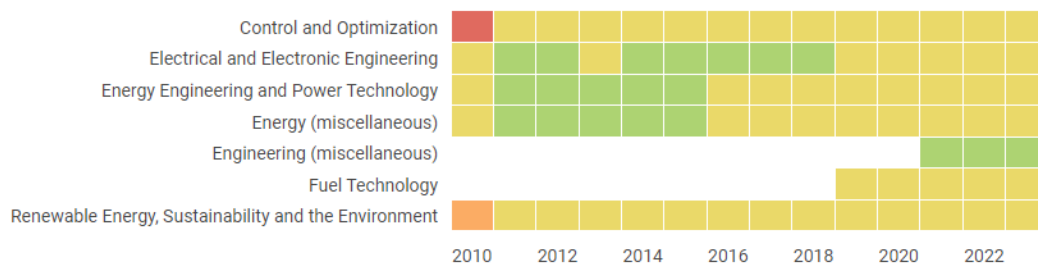


Рис. 11. Квартиль Q2 – Журнал Energies (ISSN: 1996-1073)

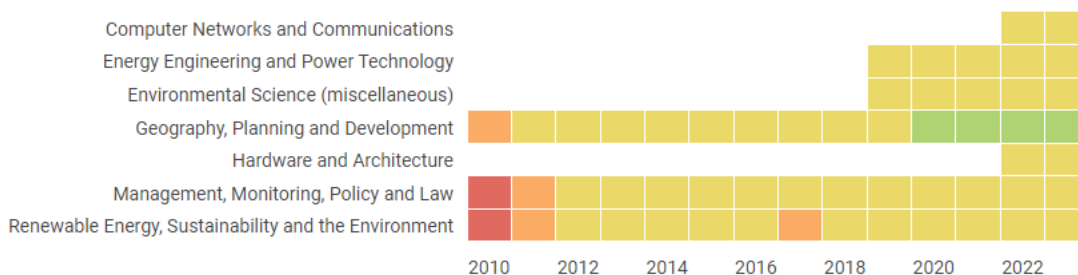


Рис. 12. Квартиль Q2 – Журнал Sustainability (ISSN: 2071-1050)

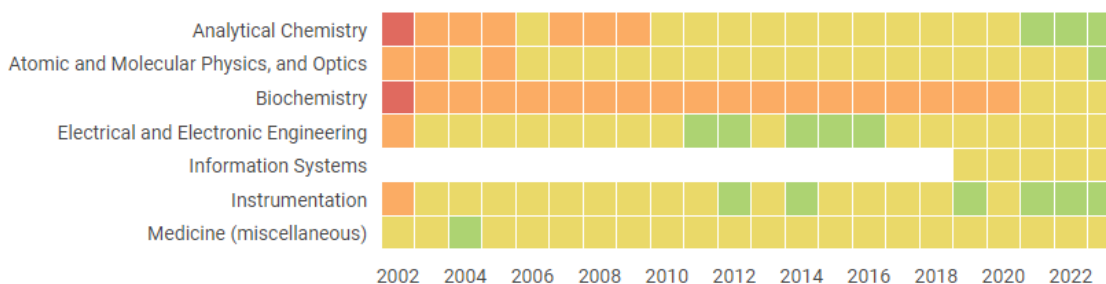


Рис. 13. Квартиль Q2 – Журнал Sensors (ISSN: 1424-8220)

Квартиль Q3:

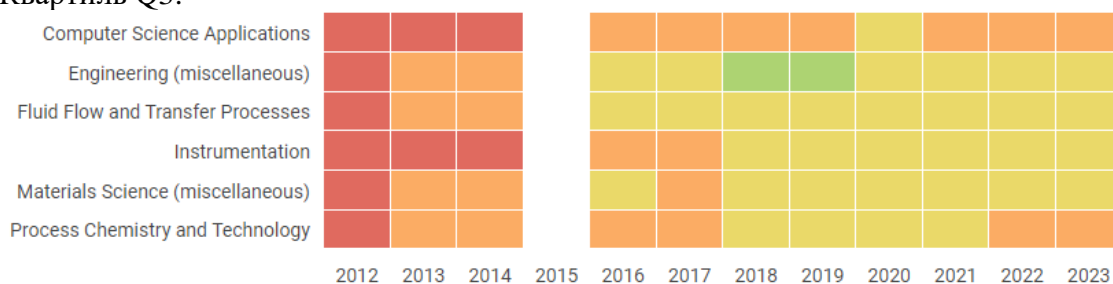


Рис. 14. Квартиль Q3 – Журнал Energies (ISSN: 2076-3417)

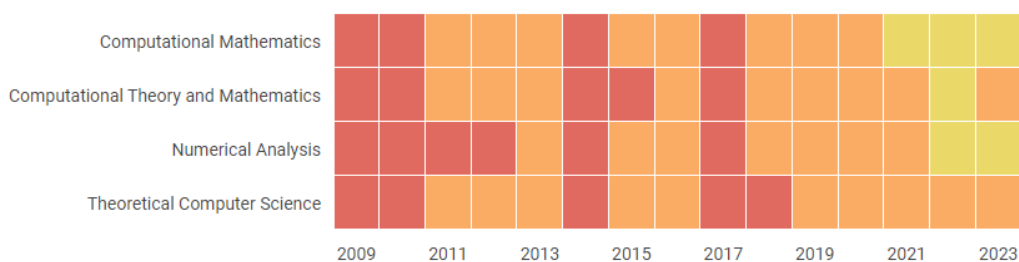


Рис. 15. Квартиль Q3 – Журнал Applied Sciences (ISSN: 1999-4893)

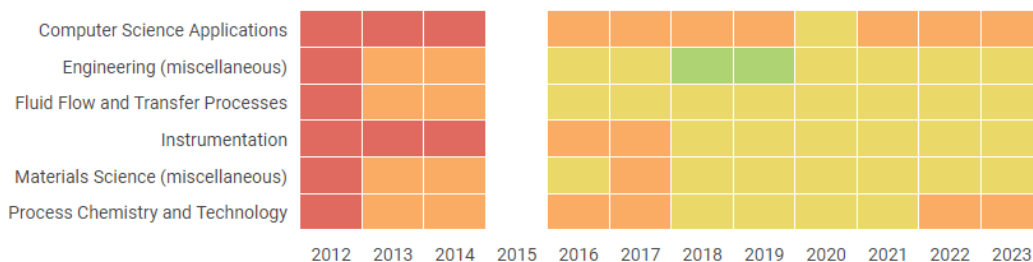


Рис. 16. Квартиль Q3 – Журнал Applied Sciences (ISSN: 2076-3417)

### Заключение

В результате проведенного наукометрического анализа была выявлена положительная динамика количества публикаций. Высокая публикационная активность свидетельствует о том, что эти области исследования вызывают большой интерес у научного сообщества.

Основными направлениями исследований являются:

- Применение методов математического моделирования: для оптимизации различных аспектов трамвайных сетей используются модели линейного программирования, сетевого анализа, теории игр и др.
- Разработка интеллектуальных систем: применяются методы машинного обучения, искусственного интеллекта и больших данных для повышения эффективности работы трамвайных систем.
- Учет экологических факторов: исследуются способы снижения выбросов CO<sub>2</sub>, оптимизации энергопотребления и повышения экологической устойчивости трамвайного транспорта.
- Интеграция с другими видами транспорта: проводится анализ возможностей интеграции трамвайных систем с другими видами общественного транспорта, такими как автобусы, метро и велосипедные сети.

Дальнейшие исследования в этом направлении позволят повысить эффективность работы трамвайного транспорта, улучшить качество жизни в городах и способствовать развитию устойчивой городской мобильности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мовчан, Н. В. Применение имитационного моделирования для решения проблемы неэффективной организации системы общественного транспорта Г. Выборг / Н. В. Мовчан, Ю. К. Полякова // Системный анализ и логистика. – 2020. – № 3(25). – С. 73-81. – DOI 10.31799/2007-5687-2020-3-73-81.
2. Воронин, Н. В. Моделирование маршрутов движения городского транспорта общественного пользования в программе ANYLOGIC / Н. В. Воронин // Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук: Материалы IV научно-практической международной конференции (школы-семинара) молодых ученых: в 2 частях. – Тольятти: Качалин Александр Васильевич, 2018. – С. 364-369.
3. Парлюк, Е. Г. Имитационное моделирование пассажиропотоков в системе "железная дорога - городской общественный транспорт" / Е. Г. Парлюк // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 3(55). – С. 78-82.
4. Рыжкова, Н. Ю. Совершенствование управление транспортным потоком на перекрестке путем создания цифрового двойника / Н. Ю. Рыжкова // Молодежь и наука XXI века: актуальные теоретические исследования: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 15-20.



5. Калмыков, М. Ю. Развитие транспортно-пересадочного узла Купчино / М. Ю. Калмыков, Е. К. Коровяковский, А. Е. Поляков, Я. А. Шолтысек // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2022. – Т. 19, № 1. – С. 56-67. – DOI 10.20295/1815-588X-2022-19-1-56-67.
6. Холкин, А. В. Применение средств имитационного моделирования для анализа движения на участке дороги / А. В. Холкин // Мавлютовские чтения: Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. Том 5. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 1174-1182.
7. Гринченко, А. В. Моделирование городского автобусного маршрута в Anylogic: Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине «Основы телематики на транспорте» / А. В. Гринченко; Рецензент- канд. техн. наук, доц. И.В. Жилин. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2019. – 17 с.
8. Нургалиев, Е. Р. Имитационное моделирование улично-дорожной сети города / Е. Р. Нургалиев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2017. – Т. 5, № 7-1(33-1). – С. 172-176.
9. Андронов, Р. В. Применение статистического моделирования для оценки эффективности адаптивного регулирования и реконструкции пересечений улично-дорожной сети / Р. В. Андронов, Е. Э. Леверенц // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 3. – С. 40-49. – DOI 10.31660/2782-232X-2021-3-40-49.
10. Грязнов, М. В. Подход к оптимизации трамвайной маршрутной сети в Магнитогорском городском округе / М. В. Грязнов, А. М. Литвинов под научной редакцией Е.Е. Витвицкого // Техника и технологии наземного транспорта: Сборник трудов аспирантов (с международным участием). – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2022. – С. 10-18.
11. Игнатов, А. В. К вопросу об актуальности развития городского наземного электрического транспорта / А. В. Игнатов, В. Н. Басков // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2018. – № 1. – С. 64-69.
12. Данилов, А. И. Определение количества людей на станциях метрополитена методом моделирования пассажиропотоков / А. И. Данилов, В. П. Чижиков // Метро и тоннели. – 2022. – № 2. – С. 28-30.
13. Prestes, Olga Public transport innovation and transfer of BRT ideas: Curitiba, Brazil as a reference model / Olga Prestes & Clovis Ultramari & Fernando Caetano // Case Studies on Transport Policy. – 2022. – №10(3). – 10 p. doi:10.1016/j.cstp.2022.01.031
14. Hensher, D. A. Development of a practical aggregate spatial road freight modal demand model system for truck and commodity movements with an application of a distance-based charging regime / D. A. Hensher, E. Wei, W. Liu et al. // Transportation. – 2023. – № 50. P. 1031–1071. doi:10.1007/s11116-022-10271-2
15. Park, Jung-soo Efficiency Analysis of Tramways in the Metropolitan Areas in South Korea: Focusing on the Daejeon Metropolitan Area. / Jung-soo Park // Future Transportation. – 2023. – №3(4). – P. 1223-1239. doi:10.3390/futuretransp3040067
16. Merksiz-Guranowska, A. Simulation Model for Operational Planning of City Cargo Transportation by Trams in Conditions of Stochastic Demand / A. Merksiz-Guranowska, N. Shramenko, M. Kiciński, V. Shramenko // Energies. – 2023. – №16(10). – 20 p. doi:10.3390/en16104076
17. Weixi, Lv Collaborative Trajectories Optimization for Tram and Connected Vehicles at Signalized Intersection / Lv, Weixi, Jianwu Dang, Zhenhai Zhang, Yongzhi Min, and Jing Zuo // Applied Sciences. – 2023. – № 13(3). – 19 p. doi:10.3390/app13031514
18. Abdullahi Adinoyi, Ibrahim Optimal Transport in Multilayer Networks for Traffic Flow Optimization / Ibrahim Abdullahi Adinoyi, Lonardi Alessandro, and Caterina De Bacco // Algorithms. – №14. – 12 p. doi:10.3390/a14070189



19. Krivda, Vladislav Use of Microsimulation Traffic Models as Means for Ensuring Public Transport Sustainability and Accessibility / Vladislav Krivda, Jan Petru, David Macha, and Jakub Novak // *Sustainability*. – 2021. – № 13(5). – P. 1-38.
20. Velastin, Sergio A. 2020. Detecting, Tracking and Counting People Getting On/Off a Metropolitan Train Using a Standard Video Camera / Sergio A. Velastin, Rodrigo Fernández, Jorge E. Espinosa, and Alessandro Bay // *Sensors*. – 2020. – № 20. – 20 p. doi:10.3390/s20216251
21. Majstorović, Igor Influence of the Analytical Segment Length on the Tram Track Quality Assessment / Igor Majstorović, Maja Ahac, Janusz Madejski, and Stjepan Lakušić // *Applied Sciences*. – 12. – № 19. – 19 p.: 10036. doi:10.3390/app121910036

### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Марчук Дмитрий Юрьевич**

Студент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: dima\_marchuk\_2001@mail.ru

### **INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Marchuk Dmitriy Yur'evich**

Student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: dima\_marchuk\_2001@mail.ru