



## ЛОГИСТИКА

УДК 656.13

DOI: 10.31799/2077-5687-2025-2-55-67

### РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ МЕГАПОЛИСА В RITM<sup>3</sup>

**С. А. Андронов, Д. Ю. Марчук**

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*В этой статье была проанализирована транспортная ситуация Приморского района г. Санкт-Петербург. Выявлены основные точки притяжения пассажиропотока, а также проблемные участки дорожного движения. В цифровой платформе RITM<sup>3</sup> разработана модель улично-дорожной сети Муниципального округа №65 г. Санкт-Петербург. Были рассмотрены два сценария работы модели: штатная работа улично-дорожной сети, и перекрытие Планерной улицы.*

*Ключевые слова: транспортное моделирование, интеллектуальные транспортные системы, улично-дорожная сеть, RITM<sup>3</sup>, цифровой двойник, организация дорожного движения.*

#### **Для цитирования:**

*Андронов, С. А. Разработка модели улично-дорожной сети мегаполиса в RITM<sup>3</sup> / С.А. Андронов, Д. Ю. Марчук // Системный анализ и логистика. – 2025. – № 2(45). – с. 55-67. DOI: 10.31799/2077-5687-2025-2-55-67.*

#### **Введение**

В связи с постоянным ростом численности населения, развитием городов обеспечение безопасного и эффективного управления дорожным движением становится все более сложной задачей [1]. Во многих городах успешно применяются автоматизированные системы управления дорожным движением (далее – АСУДД). Входящие в их состав различные технологии и методы по оптимизации работы светофорных объектов и других элементов дорожной инфраструктуры, позволяют создавать более эффективную, безопасную и экологически устойчивую транспортную систему в городе. Однако, усложнение структуры улично-дорожной сети (далее – УДС) – застройка городов, появление новых транспортных развязок, введение новых перекрестков, диктуют новые требования.

Недостаточно корректировать лишь существующую дорожную сеть, необходимо иметь возможность оперативной оценки состояния транспортных потоков (далее ТП) и выработки наилучших управляющих решений при изменении структуры УДС.

Создание цифровой модели улично-дорожной сети позволит выявить узкие места, оптимизировать транспортную систему и повысить безопасность.

#### **1 Описание используемого программного обеспечения**

Для разработки модели улично-дорожной сети (УДС) будет использоваться цифровая платформа для управления транспортными системами – RITM<sup>3</sup>.

RITM<sup>3</sup> – это продукт, предназначенный для решения ряда ключевых стратегических задач, таких как повышение конкурентоспособности городских и национальных экономик, улучшение качества жизни населения за счет снижения транспортных расходов, уменьшение затрат на создание и эксплуатацию транспортной инфраструктуры, обеспечение безопасности перевозок и снижение дорожно-транспортных происшествий, а также улучшение экологической ситуации в крупных городах [2].

Система RITM<sup>3</sup> разработана для использования работниками транспортной отрасли и служит основным инструментом для выполнения следующих задач:

- сбор и хранение данных от всех подсистем ИТС;
- обработка телематических данных с целью определения и мониторинга местоположений объектов (ОТ, ТС коммунальных служб, такси и др.);
- моделирование транспортных потоков;



- выявление мест концентрации ДТП и выяснение причин их возникновения;
- анализ различных событий на УДС (ремонт, перекрытия, ДТП и др.) и оперативное реагирование на них и на изменения состояний ОТИ (объектов транспортной инфраструктуры);
- визуализация и анализ показателей объектов комплексной схемы организации дорожного движения (КСОДД);
- анализ работы парка ТС и отдельных объектов по различным показателям эффективности;
- журналирование и обработка различных событий в рамках диспетчеризации;
- формирование ОТИ с привязкой к карте;
- планирование мероприятий КСОДД.
- В RITM<sup>3</sup> используются разнообразные данные, включая:
- транспортный граф (граф улично-дорожной сети);
- векторные карты;
- проект организации дорожного движения (ПОДД) для участков дорожной сети;
- мероприятия, разработанные в рамках КСОДД, в виде ГИС-объектов (графы, парковки, пешеходные улицы, координированное управление, выделенные полосы для общественного транспорта, односторонние улицы, транспортные схемы организации дорожного движения, зоны с высокой аварийностью и т. д.);
- датчики;
- треки транспортных средств;
- данные о дорожно-транспортных происшествиях;
- информация о светофорном регулировании;
- данные о работе коммунальных служб;
- информация о работе общественного транспорта;
- данные с метеостанций.

## 2 Исходные данные

Все исходные данные, используемые в модели, можно разделить на несколько типовых групп:

- данные о потоках ТС – статистика интенсивности потока ТС, попадающих в сегмент (динамика интенсивности в период эксперимента, изменение состав потока ТС) на перекрестках, въездах (примыканиях). Статистика изменения состава ТС (по типам автомобилей) в период эксперимента. Вероятности изменения направления движения ТС на съездах и перекрестках.
- данные о потоках пешеходов – статистика интенсивности пешеходов на каждом регулируемом/нерегулируемом пешеходном переходе;
- параметры движения ТС – скоростной режим, диапазон изменения скоростей движения, условия совершения обгона, минимальное расстояние между ТС и т.д.;
- базовые характеристики инфраструктуры сегмента – количество перекрестков, характеристики светофорных объектов на перекрестках, наличие, тип и количество пешеходных переходов на перекрестках;
- детализация каждого перекрестка – тип перекрестка, геометрические параметры, описание направлений и отдельных участков дорог, наличие и количество полос в каждом направлении, действующая разметка дорог и т.д.;
- организация движения – установленные знаки, скоростные режимы, разрешения поворотов; параметры светофоров (действующие фазы светофоров, длительность циклов зеленого, красного и желтого сигналов).



Исходные данные о потоках ТС для имитационных моделей можно получить из различных источников: баз данных по работе умных светофоров, накапливаемые автоматически в вычислительной системе АСУДД; данные о видеопотоках, полученных с видеокамер на перекрестках.

В случае отсутствия необходимых данных, требуется ручной сбор данных. Методики проведения такого сбора в научном плане достаточно хорошо проработаны [3, 4], но приводят к большим затратам времени и наличию специально обученных сотрудников. В качестве данных об инфраструктуре перекрестков и ОДД служат данные из технических паспортов перекрестков, схемы ОДД и других источников, получаемых в ГИБДД.

### 3 Информация об объекте исследования

Объектом исследования выбран Приморский район г. Санкт-Петербург.

Приморский район является динамично развивающимся, относительно молодым районом. Приморский район является одним из крупнейших по площади в г. Санкт- Петербург.

Темпы строительства жилья в районе значительно опережают темпы строительства транспортной и социальной инфраструктуры, что является одной из проблем. По информации городского Комитета по строительству, лидером по объему сданного жилья в апреле 2022 г. в Санкт-Петербурге стал Приморский.

Рассмотрим деление Приморского района на муниципальные образования, представленное на рисунке 1.

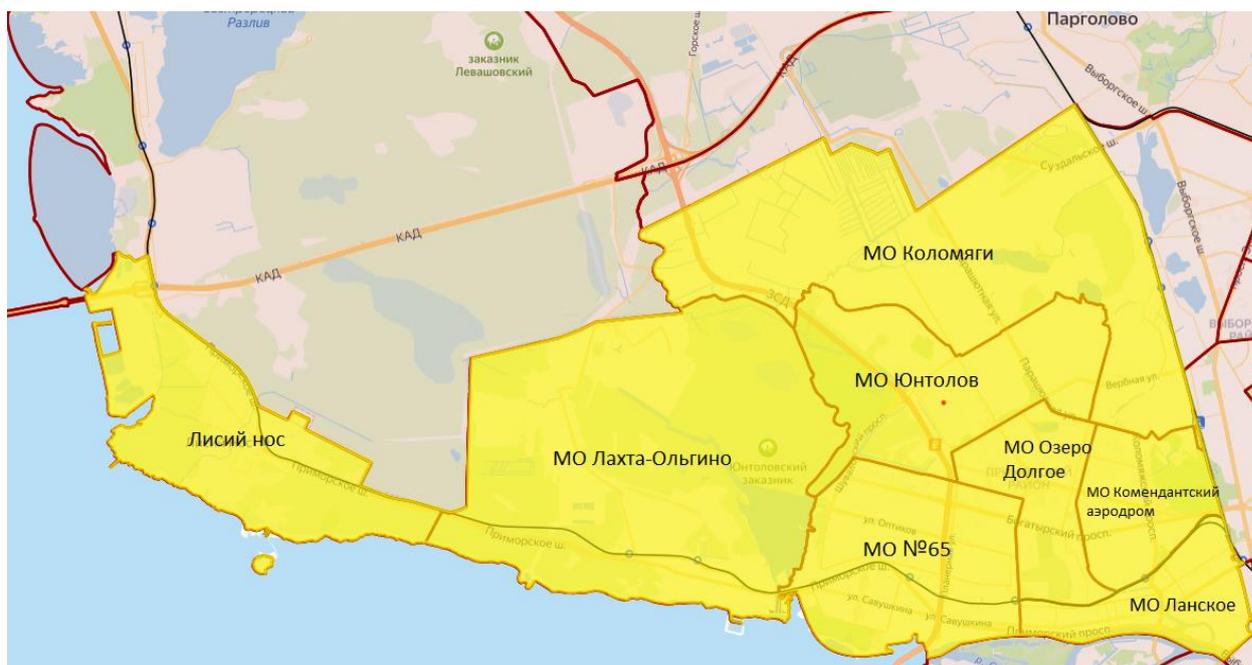


Рис. 1. Деление Приморского района на муниципальные образования

Приморский район является самым крупным в городе по населению. Он продолжает расти за счет естественного прироста населения, миграции жителей из других областей и иммигрантов, коэффициент смертности в районе по данным на 2010 год постепенно понижается, в то время как рождаемость растёт. Обусловлено это тем, что большинство современного населения Приморского района составляют приезжие молодые люди и пары до 30 лет.



Численность населения на 1 января 2024 года по данным Федеральной службы государственной статистики 704 тыс. чел [5].

В районе имеется множество точек притяжения населения, которые формируют пассажиропотоки:

- торговые комплексы (Ситимолл, Атмосфера, Меркурий, и др.);
- парковые территории (Парк 300-летия, Удельный парк, Юнтоловский заказник);
- производственные предприятия (ОДК-Климов, ООО Фирма НИТА, Радар ММС и др.);
- офисные здания.

По статистике, на 2021 год станции Приморского района являются одними из самых загруженных в городе [6]. В таблице 1 представлена статистика пассажиропотока метрополитена Приморского района за 2021 г.

Таблица 1 – Объем пассажиропотока по станциям метрополитена Приморского района

Станция	Средний пассажиропоток за месяц
Комендантский проспект	1 436 159
Старая Деревня	1 154 874
Беговая	881 622
Чёрная речка	1 175 560
Пионерская	1 833 570

Основной автомобильной артерией является Приморский проспект/шоссе, он проходит вдоль всей южной границы района. Он является скоростной (относительно других дорог, из-за минимального количества светофоров, пешеходных переходов) связующей дорогой между Приморским районом и Выборгским, Калининским районами, а также центром и юго-востоком города.

Второй артерией является Западный скоростной диаметр (ЗСД) – платная автомагистраль. Она пролегает вдоль Планерной улицы с севера на юг. Благодаря ЗСД имеется доступ к КАД, также он (ЗСД) связывает Васильевский остров и Кировский район, по ней можно быстрее чем через центр города добраться до юго-запада города. В районе имеется 3 съезда с интервалом около 2 км [7].

Вдоль Приморского шоссе проходит железная дорога. Она связывает Курортный район и Финляндский вокзал. По этой же дороге также было сообщение скоростных поездов в Финляндию.

Плохое распределение автомобильных потоков, так называемые бутылочные горлышки, создают пробки в часы пик. Так, Комендантская площадь, улица Планерная, Светлановская площадь, улицы близ станций метро Пионерская и Черная речка являются перегруженными (скорость движения транспорта значительно медленнее, чем при свободной дороге) и неспособными переварить большой транспортный поток, прибывающий из других районов.

Проспект Испытателей, связывающий Выборгский, Калининский, и Красногвардейский районы, в силу низкой доступности к метро в этих районах, также сильно перегружается [8].

Основная проблема состоит в том, что Метрострой не успевает за интенсивной застройкой спальных районов в конце Комендантского проспекта (улицы), жилые массивы МО №65 также удалены от станций метро.

Ощутимее всего страдают жилые массивы на севере МО Юнтолово. Сюда ходят несколько маршрутов автобусов и троллейбусов. Но в часы пик этого недостаточно. Район не



приспособлен для пешеходов. Вследствие этого люди предпочитают больше личный транспорт.

Проанализируем транспортную ситуацию в Муниципальном округе (далее – МО №65), как самом густозаселенном.

#### **4 Построение цифровой модели МО №65**

Основные компоненты модели транспортного потока включают в себя следующие элементы:

1. Сеть дорог: модель должна содержать информацию о дорожной сети, включая количество и типы дорог, их пропускную способность, географическое расположение и связи между участками.
2. Транспортные средства: модель должна учитывать различные типы транспортных средств, их характеристики и поведение на дороге, такие как скорость, ускорение и торможение, а также способность к обгонным маневрам.
3. Пассажиры: модель должна учитывать поток пассажиров, их места отправления и назначения, а также взаимодействие с транспортными средствами.
4. Системы управления движением: модель должна включать в себя алгоритмы и стратегии управления движением, такие как сигнализация светофоров, регулировка скорости и направления движения [9].

В первую очередь построим узлы – точечные объекты, определяющие расположение перекрёстков автомобильных дорог и стрелочных переводов железнодорожной сети. Они являются начальными и конечными точками отрезков.

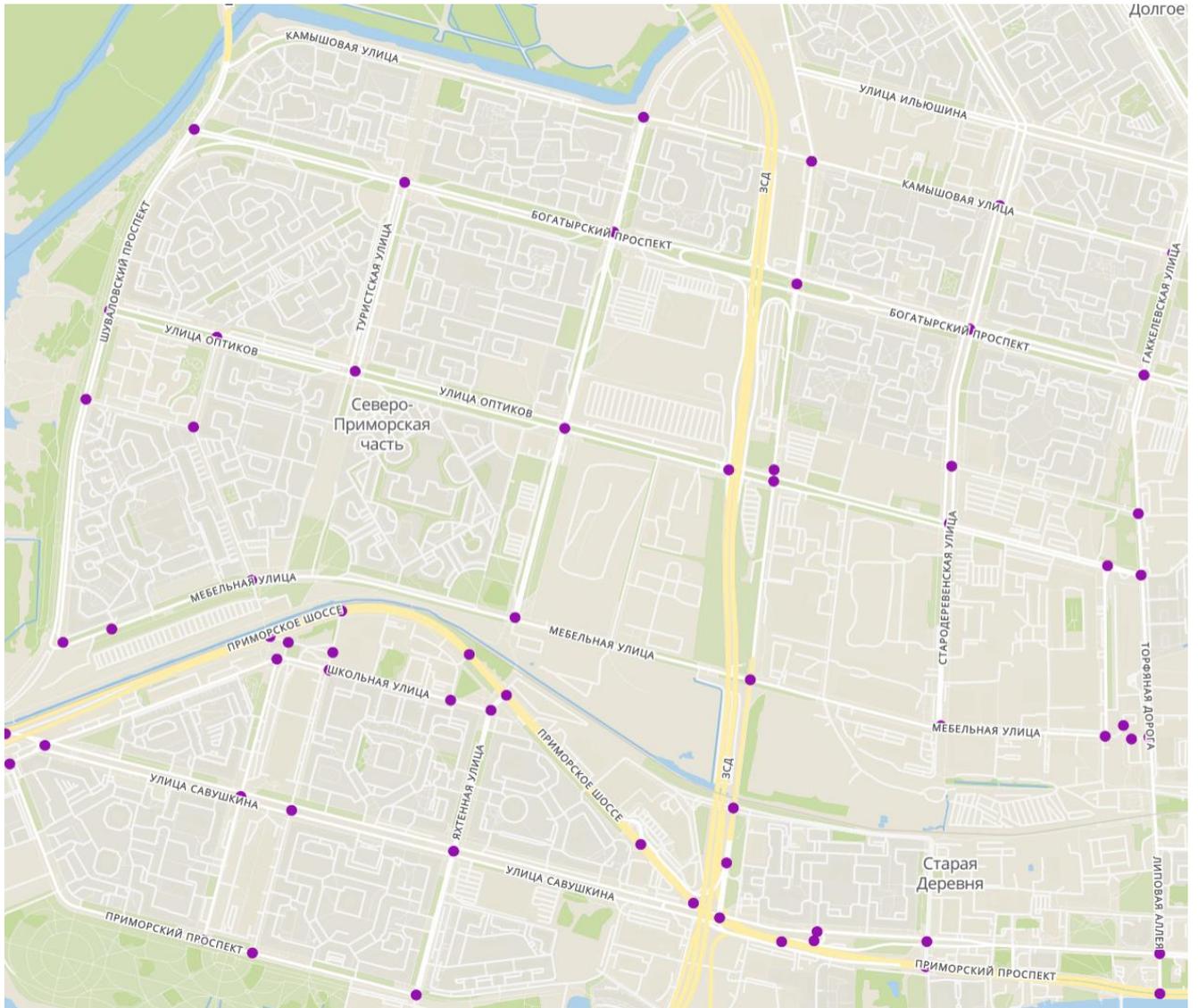


Рис. 2. Узлы пересечений проезжих частей

Затем построим дороги (рис. 3). Для каждой дороги (отрезка) зададим следующие параметры:

- название,
- ширина полос,
- количество полос,
- ограничение скорости,
- разрешенные системы транспорта.

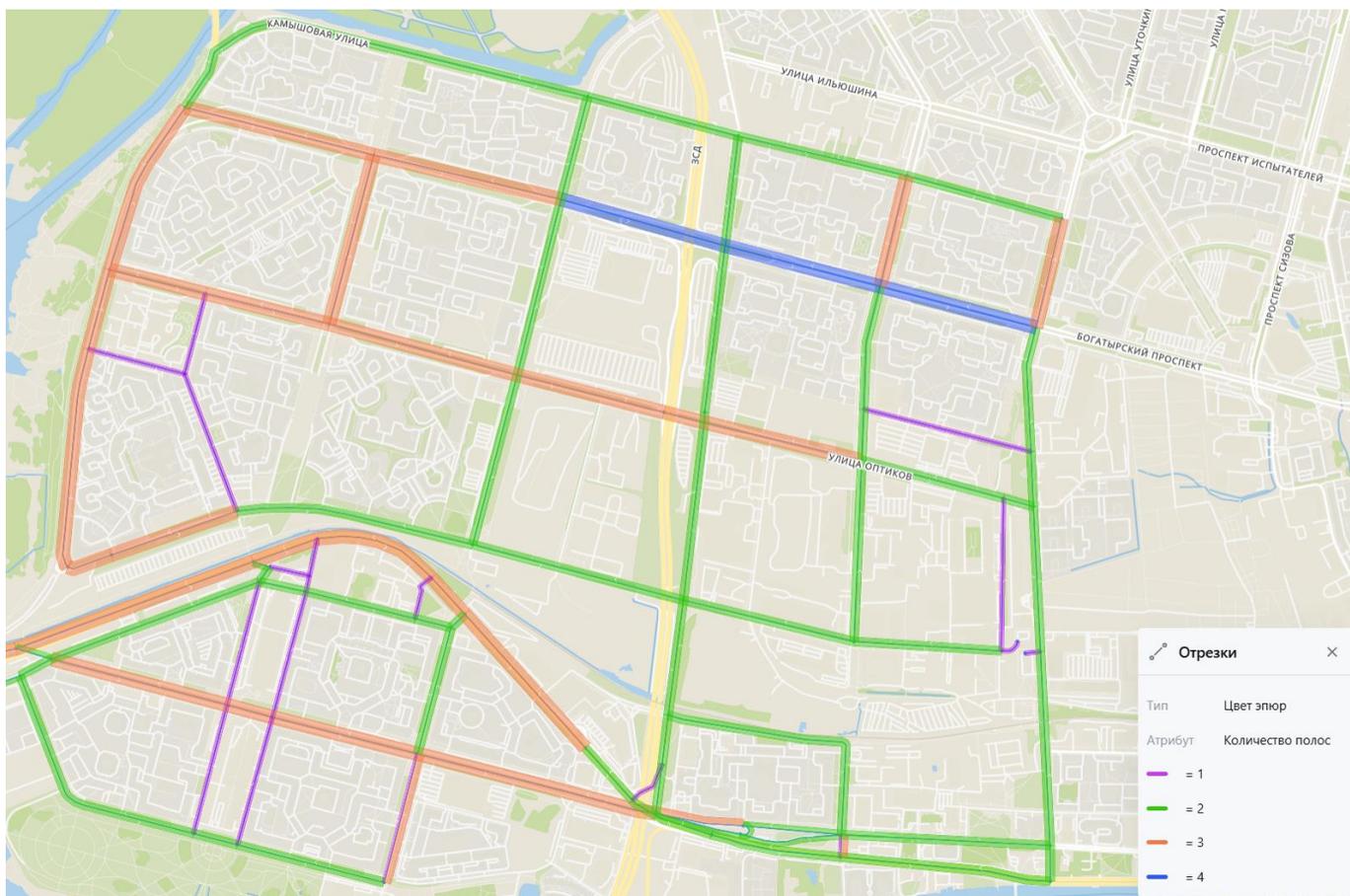


Рис. 3. Улично-дорожная сеть

Следующим шагом добавим в сеть общественный транспорт (ОТ):

- пересадочные узлы;
- зоны остановок;
- пункты остановок;
- варианты маршрутов;
- расписание ОТ.

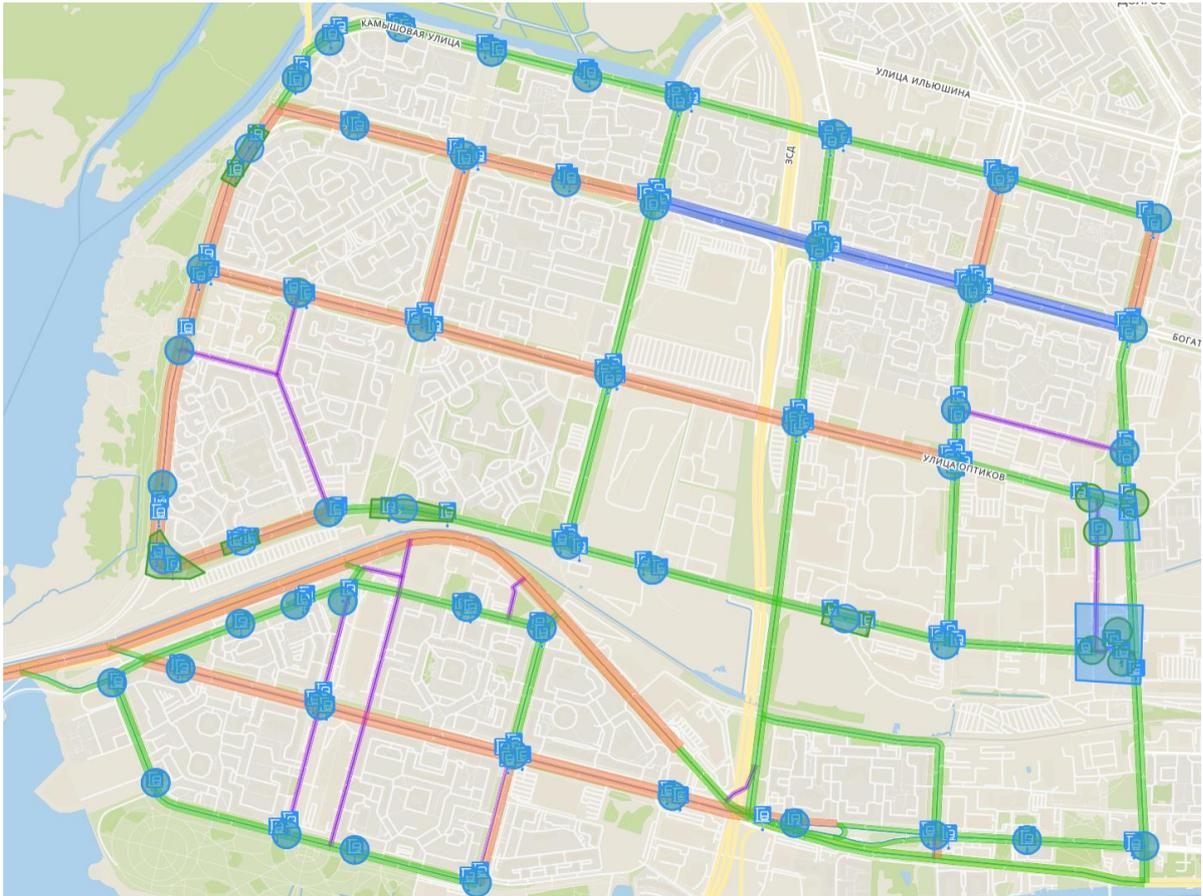


Рис. 4. Остановки общественного транспорта

Добавим маршруты общественного транспорта.

- ☞ ТБ 23
- ☞ ТБ 25
- ☞ ТБ 40
- ☞ Авт 120 303
- ☞ Авт 93
- ☞ Авт 112
- ☞ Авт 125
- ☞ Авт 126
- ☞ Авт 134
- ☞ Авт 166

Рис. 5. Добавление маршрутов ОТ



Рис. 6. Автобусный маршрут №279

**Авт 279 обр**

[+ Добавить рейс](#)

**ИНФОРМАЦИЯ**

Общее количество рейсов  
3603

Среднее время начала рейсов  
13:38:29

Среднее время окончания рейсов  
14:28:15

ОП / РЕЙС	РЕЙС 2425	РЕЙС 2426	РЕЙС 2427	РЕЙС 2428	РЕЙС 2429	РЕЙС 2430	РЕЙС 2431	РЕЙС 2432	РЕЙС 2433	РЕЙС 2434
Камышовая Стародеревенская	05:31:00	05:45:00	05:59:00	06:13:00	06:27:00	06:41:00	06:55:00	07:09:00	07:23:00	07:37:00
Камышовая Планерная	05:31:15	05:45:15	05:59:15	06:13:15	06:27:15	06:41:15	06:55:15	07:09:15	07:23:15	07:37:15
Яхтенная Камышовая	05:31:30	05:45:30	05:59:30	06:13:30	06:27:30	06:41:30	06:55:30	07:09:30	07:23:30	07:37:30
Богатырский Яхтенная	05:31:45	05:45:45	05:59:45	06:13:45	06:27:45	06:41:45	06:55:45	07:09:45	07:23:45	07:37:45
Богатырский 50	05:32:00	05:46:00	06:00:00	06:14:00	06:28:00	06:42:00	06:56:00	07:10:00	07:24:00	07:38:00
Туристская Богатырский	05:32:15	05:46:15	06:00:15	06:14:15	06:28:15	06:42:15	06:56:15	07:10:15	07:24:15	07:38:15
Оптиков Туристская	05:32:30	05:46:30	06:00:30	06:14:30	06:28:30	06:42:30	06:56:30	07:10:30	07:24:30	07:38:30

Рис. 7. Расписание для общественного транспорта



Разделим сеть на несколько транспортных районов, они являются начальными и конечными пунктами транспортного движения. Свяжем районы примыканиями. Также введем информацию о населении района, рабочих местах.

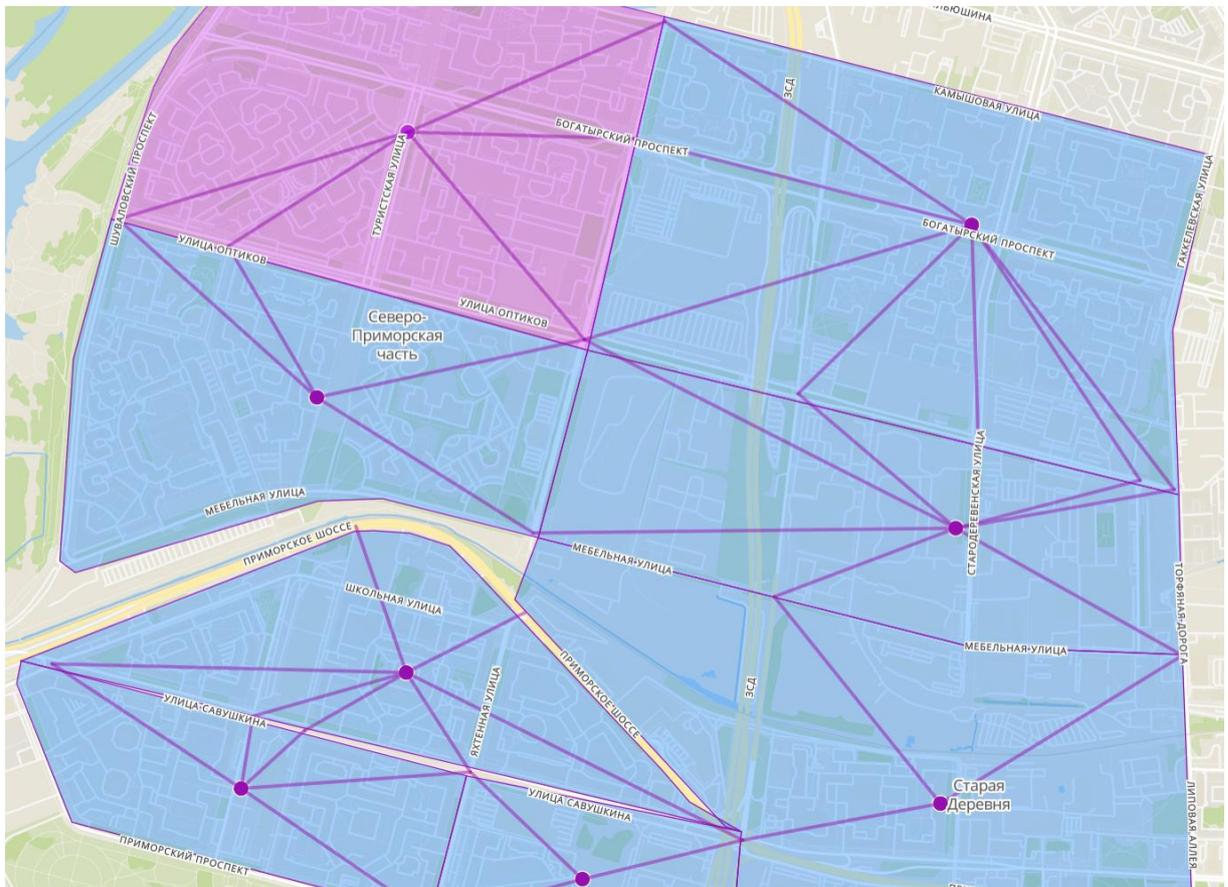


Рис. 8. Разделение на транспортные районы

## 5 Результаты работы модели

Рассмотрим два сценария: штатная работа улично-дорожной сети, и симитируем перекрытие части ул. Планерной.

В результате моделирования получаем расчеты матриц корреспонденций, матриц спроса на ИТ и ОТ, а также матриц времени поездок.

РАЙОН	СУММА ЗНАЧЕНИЙ	1. ТЦ МЕРКУРИЙ	2. ЮНТОЛОВСКИЙ ЛЕСОПАРК	3. СТАРАЯ ДЕРЕВНЯ	4. КОМЕНДАНТСКИЙ ПР.	5. ЛАХТИНСКИЙ РАЗЛ.	6. ПРОМ. ЗОНА	7. ПАРК 300-ЛЕТΙΑ	8. КАМЕННЫЙ НОС
Сумма значений	—	6.50	8.66	3.57	5.74	8.10	3.25	10.97	6.50
1. ТЦ Меркурий	6.50	0	2.14	0	1.44	2.14	0.78	0	0
2. Юнтоловский лесопарк	8.66	2.14	0	1.35	0	0	0	3.03	2.14
3. Старая деревня	3.57	0	1.35	0	0.53	0.79	0	0.89	0
4. Комендантский пр.	5.74	1.44	0	0.53	0	0	0	2.33	1.44
5. Лахтинский разл.	8.10	2.14	0	0.79	0	0	0	3.03	2.14
6. Пром. зона	3.25	0.78	0	0	0	0	0	1.68	0.78
7. Парк 300-летия	10.97	0	3.03	0.89	2.33	3.03	1.68	0	0
8. Каменный Нос	6.50	0	2.14	0	1.44	2.14	0.78	0	0

Рис. 9. Матрица времени поездки ИТ без перекрытия ул. Планерной



РАЙОН	СУММА ЗНАЧЕНИЙ	1. ТЦ МЕРКУРИЙ	2. ЮНТОЛОВСКИЙ ЛЕСОПАРК	3. СТАРАЯ ДЕРЕВНЯ	4. КОМЕНДАНТСКИЙ ПР.	5. ЛАХТИНСКИЙ РАЗЛ.	6. ПРОМ. ЗОНА	7. ПАРК 300-ЛЕТИЯ	8. КАМЕННЫЙ НОС
Сумма значений	—	9,54	13,30	3,65	7,67	10,74	3,24	14,03	9,54
1. ТЦ Меркурий	9,54	0	3,66	0	2,08	3,02	0,78	0	0
2. Юнтоловский лесопарк	13,30	3,66	0	1,43	0	0	0	4,55	3,66
3. Старая деревня	3,65	0	1,43	0	0,53	0,79	0	0,90	0
4. Комендантский пр.	7,68	2,08	0	0,53	0	0	0	2,98	2,08
5. Лахтинский разл.	10,74	3,02	0	0,79	0	0	0	3,92	3,02
6. Пром. зона	3,25	0,78	0	0	0	0	0	1,68	0,78
7. Парк 300-летия	14,01	0	4,55	0,89	2,98	3,91	1,68	0	0
8. Каменный Нос	9,54	0	3,66	0	2,08	3,02	0,78	0	0

Рис. 10. Матрица времени поездки ИТ с перекрытием ул. Планерной

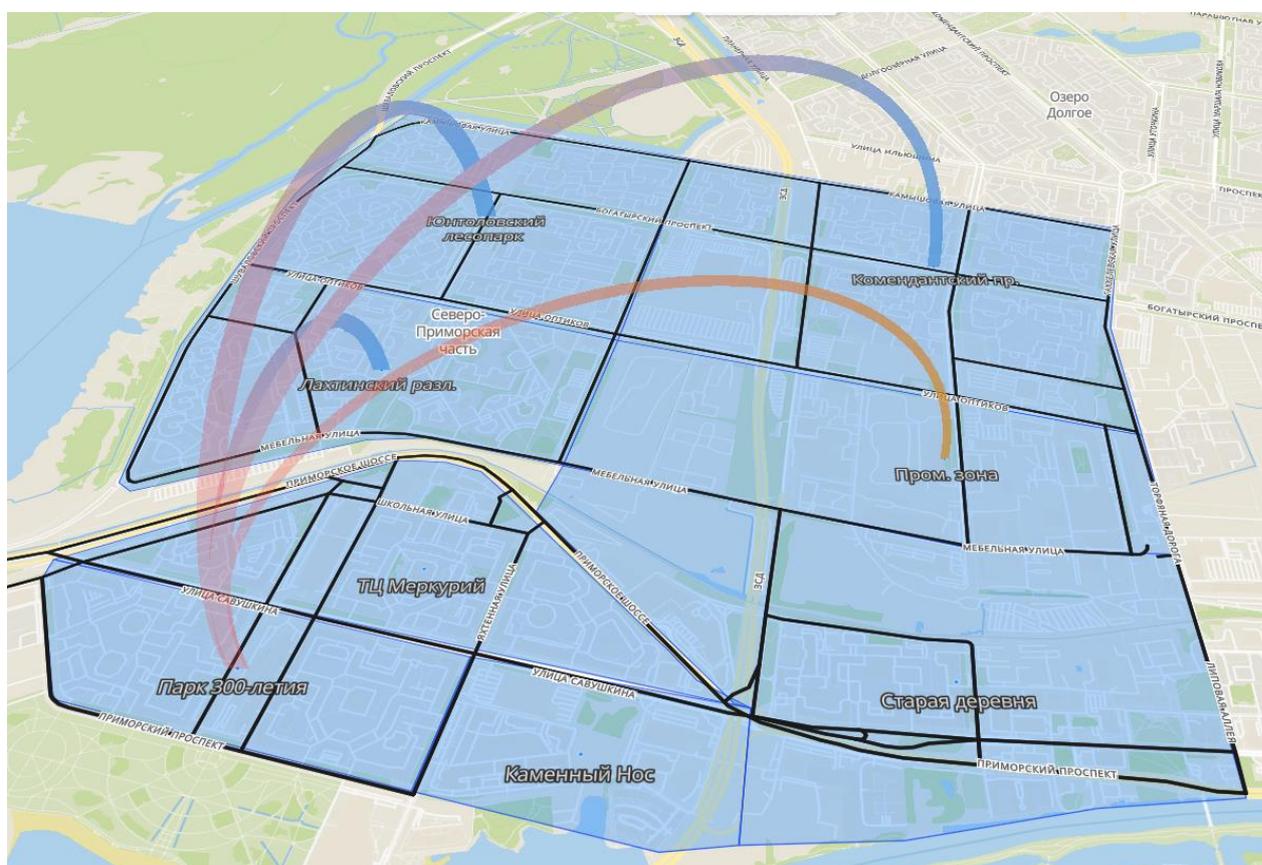


Рис. 11. 3D-отображение матрицы времени поездки в район «Парк 300-летия»

Таблица 2 – Изменение времени поездок (входящих и исходящих) по каждому району

Район	Изменение времени, мин
Юнтоловский лесопарк	+4,64
ТЦ Меркурий	+3,04
Парк 300-летия	+3,04
Каменный Нос	+3,04
Лахтинский разл.	+2,64
Комендантский пр.	+1,94
Старая деревня	+0,08
Пром. зона	0



Исходя из полученных данных, видно, что перекрытие ул. Планерной больше всего повлияло на время поездок из/в район «Юнтоловский лесопарк».

На основе полученного распределения пассажиропотоков и транспортных потоков из отдельных транспортных районов, и оценки в совокупности их транспортной доступности при существующей загрузке УДС, представляется возможным прогнозировать характеристики новых маршрутов сравнивая их эффективность с существующими маршрутами.

### **Заключение**

В ходе исследования была разработана модель улично-дорожной сети Муниципального округа №65 в цифровой модели RITM<sup>3</sup>.

Данная модель позволит:

- более эффективно управлять транспортными потоками, улучшать безопасность и прогнозировать потребности в инфраструктуре в будущем;
- разработать детализированную модель улично-дорожной сети, отражающую существующую инфраструктуру, включая дороги, перекрестки, светофоры и другие элементы;
- Оценить текущие транспортные потоки и выявить узкие места, чтобы понять, где возникают проблемы с загруженностью и заторами.

Были рассмотрены два сценария работы модели: штатная работа улично-дорожной сети, и перекрытие Планерного виадука. В результате было получено, что перекрытие части ул. Планерной увеличило нагрузку на сеть, суммарное время поездки увеличилось с 53,29 до 67.84 минут (увеличилось на 27,3%).

В дальнейшем планируется разработать рекомендации по улучшению управления дорожным движением, включая изменение светофорного регулирования и создание новых маршрутов.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Комитет по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга. Комплексная схема организации дорожного движения Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://krti.gov.spb.ru/dorozhnyj-kompleks/kompleksnaya-shema-organizacii-dorozhnogo-dvizheniya-sankt-peterburga/> (дата обращения: 09.04.2025).
2. Цифровая платформа RITM<sup>3</sup>. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – URL: <https://ritm3.ru/> (дата обращения: 25.03.2025).
3. *Якимов М. Р.* Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: Монография / М. Р. Якимов – М.: Логос, 2013. – 188 с.
4. *Булавина Л. В.* Экспериментальное изучение характеристик транспортного и пешеходного движения: методические указания к лабораторным и практическим работам по курсу «Городской транспорт и организация движения» / Л. В. Булавина – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2009. – 30 с.
5. Федеральная служба государственной статистики. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения 08.04.2025).
6. Петербургский метрополитен. Статистика: Пассажиропоток в метро за 2021 год [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.metro-spb.ru/statisticheskie-dannye/2021/> (дата обращения 06.02.2025).
7. Магистраль северной столицы – официальный сайт ЗСД Санкт-Петербург [Электронный ресурс]. – URL: <https://nch-spb.com/> (дата обращения 08.04.2025).
8. *Полякова Д. Е.* Транспортное развитие Приморского района / Д. Е. Полякова // Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии: Сборник



докладов Пятой Международной научной конференции. – Санкт-Петербург, 2024. – С. 242-247.

9. *Скляр М. Д.* Модель транспортного потока с учетом увеличения уровня загрузки улично-дорожной сети / М. Д. Скляр // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее: сборник научных статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск, 2023. – С. 107-109.

### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Андронов Сергей Александрович**

кандидат технических наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: andronov\_00@mail.ru

**Марчук Дмитрий Юрьевич**

Магистрант

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Россия, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д.67, лит. А

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