

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геоморфологии и геоэкологии

**Моделирование системы функционирования городского транспорта на
основе веб-интерфейса (на примере транспортной системы города
Саратова)**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы

направления 05.03.03 - Картография и геоинформатика

 географического факультета

 Бирюкова Дмитрия Сергеевича

Научный руководитель
старший преподаватель

 П.А. Шлапак

Зав. кафедрой
к.с-х.н., доцент

 В.А. Гусев

Саратов 2024

Введение. В современном мире, где города становятся всё более населёнными и динамичными, эффективное функционирование городского транспорта становится ключевой задачей для обеспечения комфорта и безопасности жителей. Одним из перспективных направлений в этой области является разработка и внедрение систем моделирования и анализа транспортных систем на основе веб-интерфейса.

Актуальность выбранной темы обусловлена потребностью в повышении качества информирования пассажиров о работе городского общественного транспорта. Современные технологии предоставляют возможность создания сложных моделей, которые способны объединить географические данные со справочной информацией, делая её более понятной для пользователей, а процесс обновления и дополнения данных — более удобным для разработчиков.

Целью данной дипломной работы является разработка модели системы функционирования городского транспорта на основе веб-интерфейса для города Саратова. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Изучить и проанализировать уже созданные модели функционирования общественного транспорта в других городах России
- Разработать, создать и наполнить элементы модели
- Проанализировать варианты возможного использования созданной модели

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанной модели для информирования пользователей о работе городского транспорта, а также выявления проблемных участков транспортной системы.

Основное содержание работы.

1. Моделирование систем функционирования городского транспорта

Первый раздел посвящен основным принципам и методам моделирования систем городского транспорта, а также будет проведен анализ существующих моделей с определением их преимуществ, недостатков и возможностей применения.

Моделирование систем функционирования городского транспорта играет ключевую роль в планировании, управлении и оптимизации транспортных потоков в городах. Это комплексный процесс, который включает в себя анализ данных о пассажиропотоках, интенсивности движения, расположении остановок и станций, а также других факторах, влияющих на транспортную систему.

Моделирование позволяет прогнозировать развитие транспортной инфраструктуры, выявлять проблемные участки и предлагать решения для улучшения ситуации. Оно может быть использовано для разработки новых маршрутов общественного транспорта, определения оптимального количества транспортных средств на линии, а также для оценки эффективности различных мер по улучшению транспортной доступности.

Современные методы моделирования включают использование геоинформационных систем (ГИС), которые позволяют визуализировать транспортные потоки и анализировать их в контексте городской среды. Также для обработки больших объемов данных и выявления закономерностей в поведении пассажиров и водителей целесообразно использовать искусственный интеллект и технология машинного обучения.

Важность моделирования систем функционирования городского транспорта возрастает с каждым годом, поскольку города становятся все более населенными и загруженными. Эффективное управление транспортной системой помогает снизить уровень пробок, улучшить качество жизни горожан и повысить экономическую активность в городе [1].

2. Городская система общественного транспорта

Во втором разделе дается характеристика текущей системы общественного транспорта Саратова, включая работу трамваев, троллейбусов и автобусов. Будет проведён анализ существующих схем, чтобы выявить лучшие практики и определить направления для улучшения системы.

Транспортная система — это взаимосвязанное объединение транспортных средств, оборудования, составляющих инфраструктуры транспорта и субъектов перевозки, а также занятых в этой отрасли работников. Цель любой

транспортной системы заключается в организации и осуществлении эффективной перевозки как грузов, так и пассажиров.

Компонентами транспортной системы являются транспортная сеть, комплекс, продукция, инфраструктура, подвижный состав и другие технические сооружения, связанные с производством, ремонтом и эксплуатацией транспортных средств, а также различные методы и системы организации процесса перевозок. Кроме того, в систему входят организации и предприятия, которые занимаются деятельностью, направленной на совершенствование и развитие транспортной системы: отраслевое машиностроение, строительство, топливо-энергетические системы, научные и образовательные центры [2].

Однако, в этой работе мы остановимся на рассмотрении городской транспортной системы и не будем касаться направлений, связанных с промышленной и научной деятельностью.

Городская транспортная система — это совокупность городского и пригородного транспорта, осуществляющие перевозку населения и грузов на территории города и ближайшей пригородной зоны, а также выполняющие работы по благоустройству города.

Городская транспортная система включает в себя:

- подвижной состав;
- путевая инфраструктура (рельсовые пути, тоннели, эстакады, мосты, путепроводы, станции, стоянки, остановочные пункты);
- инфраструктура энергоснабжения (тяговые электроподстанции, кабельные и контактные сети, заправочные станции);
- парки, гаражи, станции технического обслуживания;
- устройства связи, сигнализации, блокировки, диспетчерского управления транспортом [3].

Поскольку анализ всей транспортной системы очень трудоёмкая работа, то остановимся только на анализе системы городского общественного транспорта.

Система общественного транспорта города Саратова представлена почти всеми видами общественного транспорта, за исключением метрополитена. На

апрель 2024 года в городе насчитывается 86 автобусных маршрутов (из которых 12 обслуживаются автобусами большой и особо большой вместительности, 71 — автобусами малой вместимости, а оставшееся 3 фактически не работают), 11 троллейбусных и 10 трамвайных маршрутов (из которых функционируют только 2) [4, 5, 6].

Кроме того, для поездок в пределах города пассажиры активно пользуются междугородным и пригородным транспортом. Так, электропоезда доставляют в центр города жителей не только области, но и городской периферии (в основном, окраин Заводского и Ленинского районов). Междугородный транспорт включает в себя 8 автобусных и 1 троллейбусный маршрут. Таким образом, перемещение пассажиров между Саратовом и Энгельсом практически полностью обеспечивается автобусами, либо частным автомобильным транспортом, что, с учетом существующих экологических проблем, предоставляется недостатком транспортной системы саратовской агломерации.

К проблемам системы общественного транспорта г. Саратова можно отнести:

- Отсутствие единого планирования маршрутной сети. Это фундаментальная проблема, которая влечет за собой целый ряд других проблем.
- Высокая степень дублирования маршрутов. Проблема вытекает из предыдущего пункта.
- Неиспользование рельсового транспорта как основного магистрального транспорта.
- Высокая доля транспортных средств малой вместимости.
- Отсутствие объективного контроля предоставляемых транспортных услуг и непрозрачность работы перевозчиков.
- Износ подвижного состава и инфраструктуры.
- Отсутствие единого расписания и диспетчеризации.
- Бескондукторная (безвалидаторная) система оплаты.

- Отсутствие единой и прозрачной билетной и тарифной системы.

3 Моделирование системы функционирования городского транспорта г. Саратова

В третьем разделе описывается методика разработки схем маршрутов общественного транспорта Саратова с разделением по видам транспорта, а также схема распределения простоев в работе городского электротранспорта по остановкам и перегонам, схема исполнения работ по реконструкции трамвайных маршрутов и схема плотности маршрутов внерельсового транспорта.

Как уже было сказано ранее, моделирование транспортных систем используется для разных целей. Одной из них является выявление проблемных участков в работе системы, однако не каждая проблема поддается картографированию.

В соответствии с этим для многогранного раскрытия особенностей работы саратовского общественного транспорта необходимо создать серию схем:

1. Общие схемы общественного транспорта с разделением по видам транспорта:
 - a. Автобусы
 - b. Трамваи
 - c. Троллейбусы
2. Схема распределения простоев в работе городского электротранспорта.
3. Схема плотности маршрутов внерельсового транспорта
4. Схема выполнения работ по реконструкции трамвайных маршрутов

Таким образом, каждый выделенный блок раскрывает и демонстрирует разные аспекты и проблемы городской системы общественного транспорта. Они будут являться основой для создания веб-портала NextGIS Web, сформированные блоки будут показывать текущую маршрутную сеть каждого вида транспорта, что позволяет в общем оценить системы общественного транспорта.

Картографирование автобусной сети в рамках г. Саратова — наиболее сложная задача. Необходимо показать все маршруты так, чтобы схема не была

перенасыщена, а также была удобная для восприятия пассажирами. Город Саратов имеет радиальную планировочную структуру, а именно состоит из нескольких крупных районов, соединенных с центром магистралями. В соответствии со структурой маршруты общественного транспорта либо соединяют районы друг с другом или с центром, либо находятся внутри одного. На основании этой закономерности предлагается составить схему с цветовым оформлением, обозначающим в каких районах начинается и заканчивается выбранный маршрут. Для этого было выделено 5 крупных массивов:

- центральная часть (Центр),
- пос. Юбилейный (Юбилейный),
- пос. Солнечный (Солнечный),
- Заводской район (Заводской),
- Ленинский район (Ленинский).

Для отображения сети трамвайных и троллейбусных маршрутов не требуется разрабатывать отдельную методику. Количество маршрутов и их густота позволяют изображать линии в одном цвете, однако, стоит добавить разделение на действующие и закрытые участки пути.

Далее созданные схемы общественного транспорта должны быть преобразованы в веб-портал, который дал бы возможность представить картографические данные в наглядном виде для пользователей.

Работы по созданию портала проводились в ГИС-приложении QGIS (версия 3.26), информация, собранная на местности, фиксировалась в Excel-таблицы. Оформив все слои, далее их нужно загрузить в список ресурсов с помощью модуля NextGIS Connect. Через него можно импортировать как отдельно выбранный слой, так и проект, добавлять и удалять ресурсы, обновлять изменяемые геометрию и стиль слоев, редактировать метаданные и просматривать получившийся результат непосредственно в окне браузера.

NextGIS Web, предназначенная для хранения и организации многопользовательского доступа и создания веб-карт, поддерживается для

работы на любых современных браузерах и позволяют реализовывать следующие функции:

1. Создание и отображение карт;
2. Навигация по карте (перемещение, увеличение, уменьшение);
3. Управление наполнением карты через пользовательский веб-интерфейс (создание групп слоев, добавление, удаление ресурсов);
4. Подключение векторных (ESRI Shape, GeoJSON, PostGIS) и растровых данных;
5. Использование стандартных протоколов (WMS, WFS-T, TMS);
6. Взаимодействие с другими программами посредством API;
7. Настройка выдачи прав доступа к картам, отдельным слоям и группам слоев [7].

Для создания модели функционирования общественного транспорта г. Саратова использовался бесплатный тарифный план NextGIS Web, позволяющий загружать до 30 слоев и редактировать карту единственному пользователю, адрес для веб-портала был выбран dmitriy-biryukov08.nextgis.com [8].

После импорта выбранных слоев на странице веб-портала необходимо редактировать слой веб-карты, в котором доступны следующие разделы:

1. Ресурс (здесь вносится название, отображающееся на карте, ключ, группа ресурсов, куда будет помещена веб-карта);
2. Права доступа (вносится список пользователей и их права доступа к редактированию данных);
3. Описание (имеет ограниченные инструменты для создания общей легенды, которая будет отображаться при нажатии на знак «Информация» на боковой панели в открытом экстенде карты);
4. Охват и закладки (нужен для того, чтобы установить фиксированные границы и масштаб карты при ее открытии, параметры можно задать по границам слоя);

5. Слои (используется для добавления ресурсов и их стилей, расположения их в правильном порядке);
6. Настройки (онлайн-редактирование объектов на веб-карте, недоступно при бесплатном тарифном плане);
7. Подложки (возможность поменять основную веб-карту, доступно при платном тарифе);
8. Метаданные;
9. Соцсети (позволяет добавить изображение и описание для предпросмотра ссылки в мессенджерах и социальных сетях).

После оформления, загрузки и наполнения атрибутивной информацией всех слоев необходимо проанализировать возможности портала. В первую очередь стоит отметить справочную функцию: слои в блоке с общими схемами маршрутов показывают название остановок, маршруты и интервал движения. Также можно косвенно обозначить аналитическую функцию.

В сравнении с моделями из пункта 1.2 созданный портал значительно уступает им в функциональности: в первую очередь это связано с тем, что многие функции веб-интерфейса доступны только на коммерческой основе. Также стоит отметить, что модели общественного транспорта из других городов создавались по заказу муниципалитета, это дает разработчикам дополнительные возможности, например, использование данных о перемещении подвижного состава.

Однако, NextGIS позволяет размещать загруженные в него материалы на других сайты. Так, созданная в рамках работы модель может быть добавлена на сайт перевозчика или городской администрации.

Заключение. В процессе работы были рассмотрены возможности применения моделирования в области общественного транспорта, а также проанализированы уже созданные модели из других городов России. Также были рассмотрены и проанализированы уже созданные схемы маршрутов общественного транспорта г. Саратова от двух разных авторов.

Итогом всей работы является модель функционирования общественного транспорта г. Саратове на основе веб-интерфейса NextGIS, включающая в себя следующие блоки:

- Общие схемы общественного транспорта с разделением по видам транспорта:
 - Автобусы
 - Трамваи
 - Троллейбусы
- Схема распределения простоев в работе городского электротранспорта.
- Схема плотности маршрутов внерельсового транспорта
- Схема выполнения работ по реконструкции трамвайных маршрутов

Все созданные схемы были проанализированы и подтвердили наличие некоторых выделенных проблем в транспортной системе города.

В процессе выполнения работы все поставленные задачи выполнены, цель работы достигнута.

Список используемых источников

1. Методы моделирования процесса работы городского общественного транспорта [электронный ресурс]: cyberleninka.ru. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-modelirovaniya-protsessa-raboty-gorodskogo-obschestvennogo-transporta/viewer> (дата обращения 26.05.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус
2. Транспортная система - это что такое? Развитие транспортной системы России [электронный ресурс]: fb.ru. - URL: <https://fb.ru/article/356735/transportnaya-sistema---eto-chto-takoe-razvitietransportnoy-sistemyi-rossii> (дата обращения 26.05.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус

3. Городская транспортная система [электронный ресурс]: mydocx.ru. - URL: <https://mydocx.ru/12-113122.html> (дата обращения 26.05.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус
4. Реестр маршрутов регулярных перевозок автомобильным транспортом на территории муниципального образования «Город Саратов» [электронный ресурс]: saratovmer.ru. - URL: <https://disk.yandex.ru/d/dzdQq4YhAEIvzw> (дата обращения 10.05.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Реестр маршрутов регулярных перевозок городским наземным электрическим транспортом (трамвай) на территории муниципального образования «Город Саратов» [электронный ресурс]: saratovmer.ru. - URL: <https://disk.yandex.ru/d/pKfdztUbREjQ8g> (дата обращения 10.05.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
6. Реестр маршрутов регулярных перевозок городским наземным электрическим транспортом (троллейбус) на территории муниципального образования «Город Саратов» [электронный ресурс]: saratovmer.ru. - URL: https://disk.yandex.ru/i/7KsfNYf_e7y1Qg (дата обращения 10.05.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
7. NEXTGIS [Электронный ресурс]: nextgis.ru. – URL: <http://nextgis.ru/nextgis-qgis> (дата обращения 10.05.2024). – Загл. с экрана. Яз. рус.
8. Основная группа ресурсов. shemasaratov [Электронный ресурс]: nextgis.ru. – URL: dmitriy-biryukov08.nextgis.com (дата обращения 10.05.2024). – Загл. с экрана. Яз. рус