

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПЛАГИНА QSCCHEDULE ГИС QGIS ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Е.С. Подольская (Институт радиоэлектроники и информатики РТУ МИРЭА)

В 2002 г. окончила картографический факультет Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) по специальности «цифровая картография». С 2020 г. работает в Институте радиоэлектроники и информатики МИРЭА — Российский технологический университет на кафедре геоинформационных систем, в настоящее время — доцент. Кандидат технических наук.

А.Д. Кокуркин (Институт радиоэлектроники и информатики РТУ МИРЭА)

Студент IV курса бакалавриата Института радиоэлектроники и информатики МИРЭА — Российский технологический университет по программе «геоинформационные системы и комплексы».

Регулярное движение общественного транспорта в значительной степени определяется потребностями населения, пассажирские перевозки стали одним из современных вызовов в развитии городов, как отмечают авторы публикации [1]. В мегаполисах России моделирование пассажирских перевозок имеет комплексный характер, при этом используются современные технические решения коммерческих компаний и программное обеспечение (ПО) с открытым кодом (Open Source). Одним из основных инструментов решения транспортных задач для городских пассажирских перевозок является имитационное моделирование.

В данной статье описывается модель движения общественного транспорта и функционал разработанного плагина для геоинформационной системы (ГИС) с открытым кодом QGIS на основе алгоритма построения расписания движения общественного транспорта с учетом указанных пользователем значений переменных. Также представлен обзор и возможности

существующего коммерческого ПО и ПО с открытым кодом для автоматизированного расчета расписания движения общественного транспорта. Практическими задачами являлись создание имитационной модели движения маршрутных транспортных средств, а также разработка плагина ГИС QGIS и тестирование его возможностей для автоматизированного расчета расписания маршрутов движения общественного транспорта г. Москвы и Московской области.

Многообразен интерес исследователей в моделировании движения общественного транспорта в мегаполисах. Так, например, в работе [2], посвященной транспортной доступности районов Москвы, предлагается оценка времени достижимости станций метро и дается характеристика влияния городского общественного транспорта на доступность станций метро. Для аналитики городского пассажирского транспорта используются технологии больших данных (Big Data), в частности, для определения и автоматиче-

ского исправления противоречий в данных [3], оценки маршрута по набору показателей [4]. Ряд работ посвящен расписанию движения и геометрии сети городского общественного транспорта [5, 6]. Моделирование движения транспорта в условиях города включает разработку моделей организации транспортных потоков, которые определяются интересами развития города, пассажиров и транспортных компаний [7], а также управление ими путем повышения пропускной способности узлов транспортной сети [8]. Частью исследований являются модели определения оптимального состава транспортных средств [9].

Среди зарубежного и российского ПО, используемого для моделирования движения транспорта, следует отметить: INRO (Канада), TransCAD (США), PTV VISION VISUM (Германия), TransNet (Институт системного анализа РАН), AnyLogic [10]. В настоящее время существуют коммерческие решения, инициированные и поддерживаемые администрациями городов

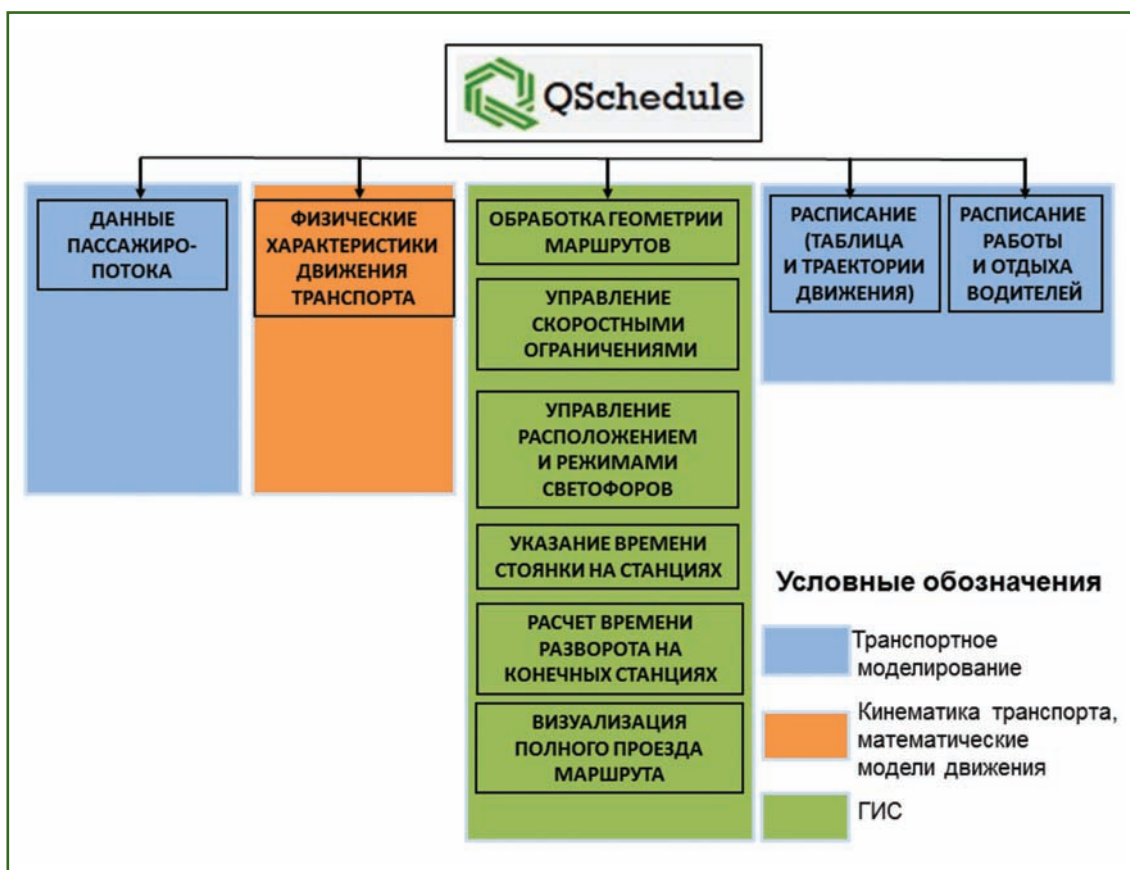


Рис. 1
Блок-схема плагина QSchedule

и поставщиками транспортных услуг.

Однако необходим открытый и простой в использовании инструмент построения расписания движения общественного транспорта, который будет востребован как специалистами по развитию города, так и жителями для планирования ежедневных поездок. В репозитории ГИС QGIS в качестве примера такого решения для расчета расписания общественного транспорта (автобус, трамвай, троллейбус) отметим разработку Site Schedule Optimization (https://plugins.qgis.org/plugins/site_schedule_optimization).

Используя Site Schedule Optimization, авторами был разработан плагин QSchedule для ГИС QGIS, предназначенный для вычисления времени прибытия автобуса на заданную станцию маршрута. В качестве примеров использования алгоритма мож-

но рассматривать движение таких видов общественного транспорта, как метро, легкое метро и монорельсовая железная дорога, электрички и другие транспортные средства. Алгоритм также применим для построения расписания движения внутреннего транспорта на предприятиях. Модель работы плагина и его тематические разделы (транспортное моделирование, кинематика и математические модели движения, ГИС) представлены на рис. 1.

Интерфейс плагина представлен на рис. 2, где показаны блоки данных по пассажиропотоку, характеристикам движения транспортных средств, маршрутной сети, графику работы водителей на маршруте, а также расписание в табличной и картографической формах.

Рассмотрим один из блоков — раздел плагина QSchedule



Рис. 2
Разделы плагина QSchedule

«Маршрутная сеть», отвечающий за обработку геометрии маршрутов, которые могут быть установлены пользователем. Выделено три возможных класса геометрии маршрутов: линейно-незамкнутые, кольцевые и линейно-замкнутые маршруты. В линейно-незамкнутом маршруте полный проезд транспортного средства состоит из прямого и обратного рейсов. В случае кольцевого маршрута полный проезд выполняется по или против часовой стрелки; другими словами, имеются два «независимых» рейса, которые не являются единым маршрутом. В линейно-замкнутом маршруте полный проезд представляет собой прямой рейс, в котором есть только одно направление, после завершения которого маршрут заканчивается.

В блоке «Маршрутная сеть» сверху вниз расположены (рис. 3): панель переключения типов геометрии; панель ввода QGIS слоев (два направления, на каждое из них слой линий и станций, а также поле имен станций); панель указания конечных и начальных станций маршрута (определяется автоматически, но с возможностью изменения пользователем вручную); панель указания станций начала и конца цикла движения.

Панель вывода (рис. 4) согласуется с панелью ввода. Имеется режим переключения видимости направлений, на панели справа выводятся станции одного из направлений в порядке следования транспортного средства.

Работа раздела плагина по маршрутной сети была протестирована с несколькими наборами геоданных проекта Open Street Map (OSM). Плагин позволяет обрабатывать все возможные типы геометрии линий (маршрутов) и точек (станций), Linestring или Multilinestring с разнонаправленными сегментами, что показывает отсутствие

необходимости в ручном преобразовании данных. В качестве примеров были использованы данные по линейно-незамкнутым маршрутам автобуса М9 г. Москвы и автобуса № 6 г. Серпухова.

При развороте геометрии линий направления (прямое и обратное) не меняются местами. При изменении атрибута направления линии геометрия

линий остается неизменной, однако, так как направления меняются местами, то начальные и конечные станции также меняются местами. В интерфейсе плагина имеется возможность в ручном режиме выбрать станции начала и конца маршрута из списка станций.

Предусмотрены следующие варианты использования плагина: допускается указать единый

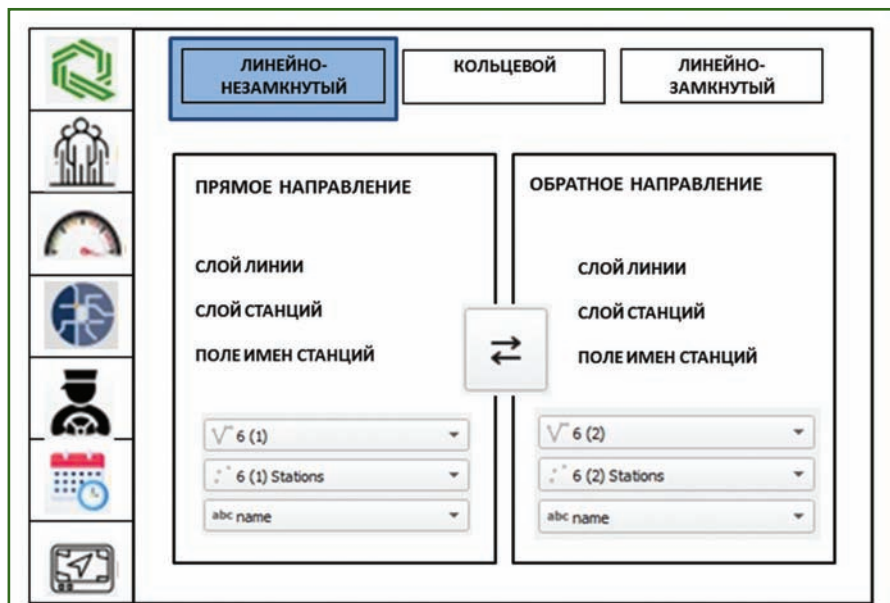


Рис. 3
Раздел плагина «Маршрутная сеть». Панель ввода значений

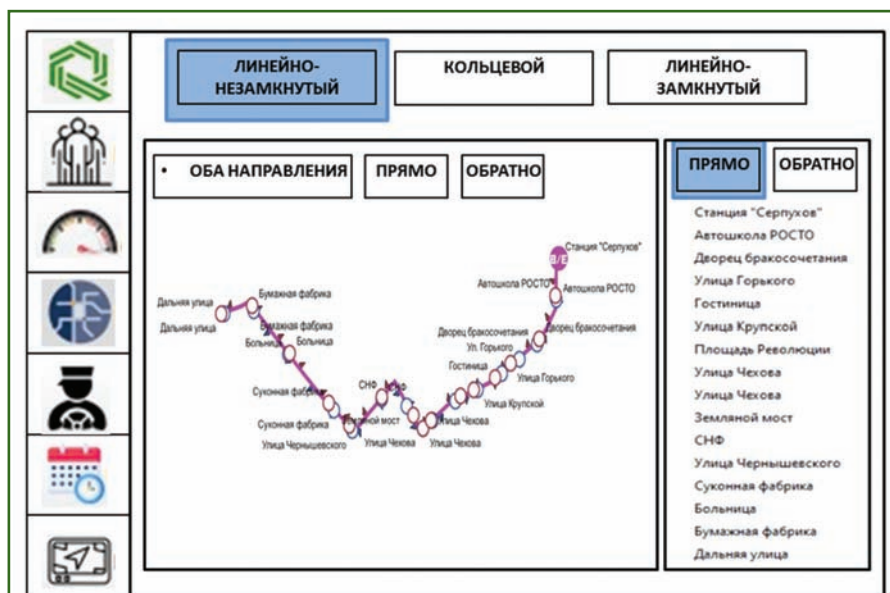


Рис. 4
Раздел плагина «Маршрутная сеть». Панель вывода значений

линейный слой для всего маршрута, можно объединить слой линий и слой станций. Это будет полезно, к примеру, для работы с геометрией линий трамвайного или железнодорожного маршрута.

Следующий тип геометрии маршрутов — кольцевые маршруты — рассмотрим на примере автобуса Б г. Москвы. Как правило, на кольцевых маршрутах отсутствуют конечные станции, ограничивающие маршрут. Поэтому необходимо предусмотреть все варианты, начиная с полного отсутствия конечных станций и заканчивая двумя станциями, ограничивающими маршрут. Также в этом случае у каждого направления имеются отдельные станции начала и конца движения; направления рассматриваются по отдельности и не являются продолжением друг друга. В отличие от линейно-незамкнутых маршрутов, направление в кольцевых маршрутах зависит от геометрии линии (движение по или против часовой стрелки). Значит, при изменении направления движения всегда будет меняться геометрия линии, и наоборот. Аналогично линейно-незамкнутым маршрутам допускается указать единый слой линий для всего маршрута, можно объединить слой линий и слой станций.

Заключительным в списке разработанных типов геометрии является линейно-замкнутый, в котором направление движения всегда одно и достаточно одного слоя станций и линии, чтобы его описать. По умолчанию станция начала движения — это начальная станция маршрута, станция конца движения является конечной станцией маршрута.

В заключение следует отметить, что разработанный инструментарий позволяет строить маршруты одностороннего, двустороннего, кольцевого движения, а также чередовать од-

носторонние и двусторонние типы движения.

Представленный функционал впоследствии может служить основой для решения других задач моделирования движения транспорта при помощи ГИС QGIS. Развитие функциональных возможностей плагина QSchedule связано с разделом «Маршрутная сеть», в котором выполняются следующие операции: ввод пользователем данных о времени простоя или разворота на конечных станциях, автоматический расчет времени разворота на конечных станциях по графу дорожных сетей с использованием Open Source расширения pgRouting; управление скоростными ограничениями на маршруте; управление расположениями светофоров на маршруте. Вариантом развития работы может также быть тестовая визуализация полного объезда маршрута при помощи QGIS Temporal Controller, модуля Mobility db пространственного расширения PostGIS для СУБД PostgreSQL.

Результаты выполненных работ докладывались на конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых РТУ МИРЭА в 2022–2023 гг. и в настоящее время используются в учебных курсах по геоинформатике в университете.

▼ Список литературы

1. Rakhmatullina A.R., Korobeynikova E.V. Trends in urban public transport // *International Journal of Advanced Studies*. — 2020. — № 10(3). — С. 123–131.
2. Ромах Е.А., Карпачевский А.М. Картографирование изменения транспортной доступности районов Москвы. Научные исследования молодых ученых-картографов, выполненные под руководством сотрудников кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова: сборник статей / Под ред. А. М. Карпачевского. — М.: «КДУ», «Добросвет», 2022. — С. 95–103.
3. Касимова Д.Т., Ташев А.А., Ахмедиярова А.Т., Омирбекова З.М.,

Кунтунова Л.С. Подход к выявлению и устранению противоречий в базах больших данных для задач аналитики городского пассажирского транспорта // *Вестник КазАТК*. — 2022. — № 2(121). — С. 600–611.

4. Мухитдинов А., Кутлимуратов К. Методика моделирования времени поездки автобуса на маршруте // *Транспорт Шёлкового Пути*. — 2019. — № 3–4. — С. 15–25.

5. Аземша С.А., Кравченко И.Н. Оценка эффективности оптимизации расписания движения городского пассажирского транспорта на дублирующих участках // *Вестник СибАДИ*. — 2021. — № 8–1(77). — С. 72–85.

6. Касаткина Е.В., Вавилова Д.Д. Анализ данных системы городского общественного транспорта для решения проблемы дублируемости маршрутов // *Вестник ВГУ, Серия: Системный анализ и информационные технологии*. — 2022. — № 1. — С. 66–78.

7. Лютая Т.П., Заставной М.И., Кузнецова Е.С., Живолуп А.А. Обзор моделей и методов оптимизации работы системы транспортного обслуживания населения // *Вестник науки и образования*. — 2018. — № 18–1(54). — С. 36–40.

8. Ветрогон А.А., Крипак М.Н. Транспортное моделирование как инструмент для эффективного решения задач в области управления транспортными потоками // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. — 2018. — № 59(3). — С. 82–91.

9. Гозбенко В.Е., Крипак М.Н., Лебедева О.А., Каргапольцев С.К. Повышение эффективности функционирования транспортной сети городского пассажирского транспорта путем применения автоматизации модели выбора оптимального подвижного состава // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. — 2017. — № 2(54). — С. 203–208.

10. Воронин Н.В. Моделирование маршрутов движения городского транспорта общественного пользования в программе AnyLogic. Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук // *Материалы IV Научно-практической международной конференции (школы-семинара) молодых ученых. В 2-х частях*. — 2018. — С. 364–369.