
МОДЕЛИРОВАНИЕ МАРШРУТНОЙ СЕТИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА НИЖНЕГО НОВГОРОДА В ANYLOGIC**А.В. Липенков, О.А. Липенкова, М.Е. Елисеев (Нижний Новгород)**

Система городского пассажирского транспорта крупного города – это сложная система, включающая в себя большое число взаимосвязанных и взаимодействующих между собой компонентов. Управление такой большой системой с каждым годом все усложняется в связи с ростом городов, уровнем автомобилизации, меняющимися потребностями граждан в обслуживании. Отечественный и зарубежный опыт доказал эффективность применения имитационного моделирования для принятия грамотных управленческих решений в сфере городского транспорта.

В настоящий момент специалисты в области управления городским транспортом используют зарубежные программные продукты, такие как PTV Vision и Aimsun. Недостатком использования этих программных продуктов является закрытая архитектура, основанная на зарубежных разработках и методиках, которые чаще всего не адаптированы для России.

В Нижнем Новгороде в настоящее время остро стоит вопрос оптимизации маршрутной сети [1]. Она многие годы не подвергалась научному исследованию и, по мнению авторов, перегружена дублирующими маршрутами и частным транспортом особо малого класса.

Учитывая актуальность работы и недостатки зарубежных программных комплексов, авторами было принято решение о разработке имитационной модели маршрутной сети Нижнего Новгорода в пакете с открытой архитектурой. Для ее построения был выбран отечественный профессиональный инструмент имитационного моделирования Anylogic.

На первом этапе авторами были построены имитационные модели двух автобусных маршрутов города Нижнего Новгорода (социальный маршрут №52 и коммерческий №7).

Для проверки адекватности моделей при поддержке Департамента транспорта и связи города Нижнего Новгорода было проведено исследование пассажиропотоков на этих двух маршрутах. С результатами исследований, посвященных разработке и особенностям этих моделей, а также результатами обследования пассажиропотока, можно ознакомиться в работах [2-5].

Построенные модели двух автобусных маршрутов позволяли проводить эксперименты по поиску наилучшего варианта расписания, выбору типа и количества подвижного состава, рассмотрению актуальности ввода комбинированных режимов движения (скоростное, экспрессное и др.). В то же время они не давали возможности оценивать в целом всю сеть, так как один маршрут никак не был связан с другим. Поэтому на втором этапе перед авторами встала задача моделирования всей сети, что потребовало внесения некоторых изменений в логику модели.

Полученная модель маршрутной сети основана на дискретно-событийной парадигме имитационного моделирования. При ее разработке были активно задействованы элементы Основной библиотеки продукта. Рассмотрим подробнее структуру и основные составляющие полученной модели.

Верхним уровнем иерархии в модели является корневой активный объект *Main*. Он содержит в себе анимацию, в первую очередь всю маршрутную сеть Нижнего Новгорода, управляемую объектом *network* (см. рис. 1). В *Main* содержатся все остановочные пункты (около 1500) и все 145 маршрутов городского пассажирского транспорта.

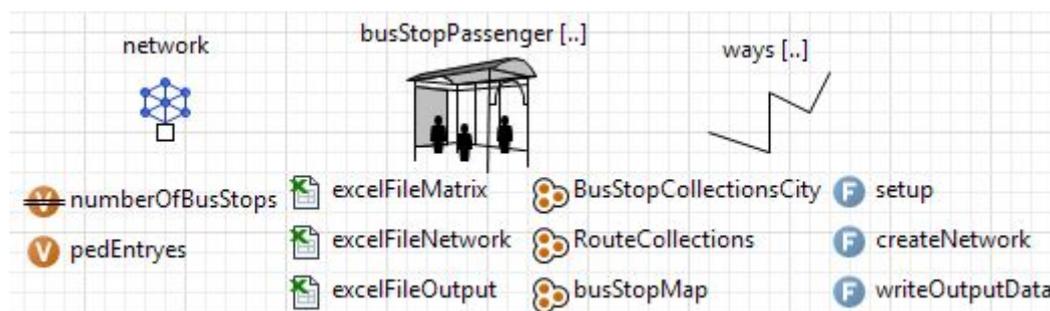


Рисунок 1. Элементы корневого активного объекта в модели

На рисунке 1:

excelFileMatrix – база данных пассажиропотока в виде матрицы пассажирских корреспонденций, таблицы формата $numberOfBusStops \times numberOfBusStops$ (*numberOfBusStops* – константа, задающая число остановок города), где каждой ячейке в таблице соответствует пассажиропоток между парой рассматриваемых остановок. Стоит отметить, что заполнение матрицы пассажирских корреспонденций – самый дорогостоящий и сложный этап при оптимизации пассажирских перевозок. Дороговизна сбора такой информации заключается в необходимости проведения крупномасштабных обследований пассажиропотока талонным методом [2] с привлечением большого числа обученных учетчиков. В настоящий момент авторами параллельно ведется работа по получению матрицы корреспонденции более простыми способами, в том числе с помощью детекторов учета пассажиропотока и преобразованием полученной информации в матрицы корреспонденции. Некоторые результаты уже получены и рассмотрены в работе [6].

excelFileNetwork – база данных с элементами маршрутной сети. В Anylogic транспортная сеть задается в виде прямоугольников, выполняющих роль остановок общественного транспорта, и ломаных линий, задающих перегоны маршрутов. При запуске модели информация из базы данных считывается и динамически создает маршрутную сеть. Эта операция производится специальной функцией *createNetwork*.

excelFileOutput – база статистической информации с результатами моделирования. Запись осуществляется функцией *writeOutputData*.

setup – функция, инициализирующая запуск модели.

BusStopCollectionsCity, *RouteCollections*, *busStopMap* – коллекции, хранящие соответственно набор всех остановочных пунктов и маршрутов модели.

busStopPassenger – активный объект выполняющий роль остановочного пункта в модели. На рисунке 1 он представлен в виде реплицированного (по числу остановок в городе) объекта. Логика его работы представлена на рисунке 2.

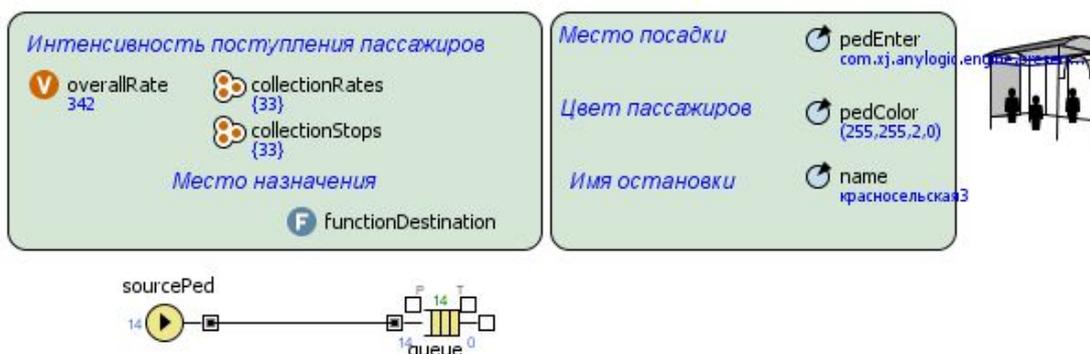


Рисунок 2. Логика объекта «Остановка» (BusStopPassenger)

Как видно из рис.2, объект моделирующий остановку содержит в себе всего два вложенных объекта:

sourcePed – генератор пассажиров. Пассажиры создаются согласно интенсивности *overallRate*, которая считывается из матрицы корреспонденции для данной остановки.

queue – очередь пассажиров, ожидающих автобуса. При прибытии транспортного средства те пассажиры, которые ожидали прибывший автобус, программно извлекаются из очереди и переносятся в другой активный объект *BusStop*.

Помимо двух этих объектов внутри *BusStopPassenger* содержатся необходимые элементы: коллекция связанных остановок (считывается из матрицы корреспонденций), параметры, задающие имя остановки, цвет пассажиров и прямоугольник анимации, а также функция *functionDestination*, задающее пассажиру место назначения. Место назначения задается согласно разработанному авторами алгоритму, проверенному в рамках работы [5].

Следующий ключевой элемент в модели – это автобусный маршрут. Его алгоритм не претерпел значительных изменений и подробно рассматривался в [3]. Главное отличие в инкапсуляции всей логики маршрута в отдельный активный объект *Route*. Алгоритм его работы представлен на рисунке 3.

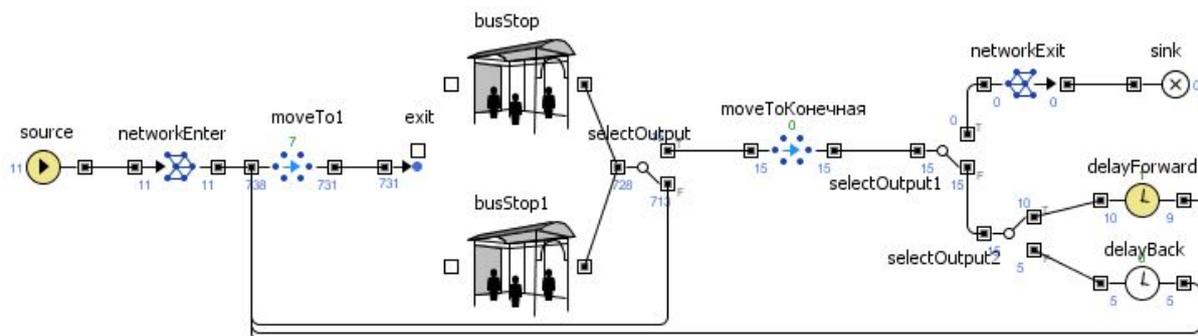


Рисунок 3. Логика активного объекта «Маршрут» (Route)

Запуск любого нового маршрута в модели начинается с добавления экземпляра объекта *Route* на презентацию корневого активного объекта (см. рис.4) и задание параметров маршрута (см. рис.5)



Рисунок 4. «Маршруты», добавленные на презентацию корневого объекта

Номер маршрута, например, "A52"	<input type="text" value="A52"/>
Тип транспортного средства	<input type="text" value="Автобус"/>
Количество автобусов на маршруте	<input type="text" value="12"/>
Число остановок в прямом направлении	<input type="text" value="37"/>
Число остановок в прямом направлении	<input type="text" value="37"/>
Конечная в прямом направлении	<input type="text" value="верхниеПещеры2"/>
Конечная в обратном направлении	<input type="text" value="конечнаяМещерскоеОзеро"/>
Стратегия работы автобусов	<input checked="" type="radio"/> по расписанию (считывается из Excel) <input type="radio"/> по интервалам
Пассажироместимость ТС	<input type="text" value="110"/>
Время рейса по расписанию	<input type="text" value="1*hour() + 5*minute ()"/>
Остановки задаются	<input type="radio"/> Вручную <input checked="" type="radio"/> Считываются из Excel
Постоянная скорость по участкам маршрута	<input checked="" type="checkbox"/>
Скорость автобуса	<input type="text" value="30 * km / hour()"/>
Цвет автобусов данного маршрута	<input type="text" value="darkViolet"/>

Рисунок 5. Свойства объекта «Маршрут» (Route)

При инициализации маршрута пользователю предлагается указать: номер маршрута, тип транспортного средства работающего на нем (автобус, «маршрутка», трамвай или троллейбус), число транспортных средств и остановок, конечные пункты, стратегию работы (расписание – для муниципальных автобусов и интервальная стратегия для коммерческих), способ задания остановок (вручную или из Excel), скорости, цвет и т.д.

Фрагмент анимации модели представлен на рисунке 6.



Рисунок 6. Анимация имитационной модели маршрутной сети

В ходе выполнения модели отображается статистика ее работы: наполняемость автобусов, количество пассажиров на всех остановках, гистограммы пассажиропотоков в

прямом и обратном направлениях по каждому маршруту, а также диаграммы распределения пассажиров. По итогам прогона модели записывается файл с результатами.

Построенная модель позволит решить задачу оптимизации маршрутной сети г. Нижнего Новгорода. В настоящий момент рассматривается вариант организации «магистральных» и «подвозящих» маршрутов, что позволит уйти от неэффективной действующей схемы с высокой степенью дублирования. Также обсуждается пуск скоростного трамвая. Естественно, что подобные кардинальные решения необходимо предварительно проверять на имитационной модели и только потом внедрять на практике.

Одной из основных сложностей на пути решения задачи оптимизации сети является трудоемкость и дороговизна сбора данных о пассажиропотоках и скоростях движения на каждом перегоне маршрута. Тем не менее, работа в этом направлении ведется, ее результаты будут рассмотрены в следующих публикациях авторов.

Литература

1. Нижегородский транспорт будет ездить по новой схеме [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vgoroden.ru/?id=210113>
2. **Елисеев, М.Е.** О проведении обследований городских автобусных маршрутов с целью их последующего моделирования [Текст] /М.Е. Елисеев, А.В. Липенков, О. А. Маслова// «Автотранспортное предприятие». -2012. -№1. -с. 42-44.
3. **Липенков А.В., Маслова О.А., Елисеев М.Е.** Моделирование пассажирского автобусного маршрута в Anylogic. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2011, Санкт-Петербург, 21-23 октября, 2011, Том 2, стр. 137-141
4. **Липенков А.В., Кузьмин Н.А., Маслова О.А.** О разработке имитационной модели городских пассажирских перевозок в Нижнем Новгороде. Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса», Орел, 2011. Том 2, стр. 50-54
5. **Елисеев М.Е.** О модели городского пассажирского транспорта: моделирование логики пассажира [Текст] / М.Е. Елисеев, А.В. Липенков, Е. М. Елисеев // «Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева». – 2011. -№3. – с. 347-352
6. **Елисеев М.Е.** О решении обратной задачи при вычислении матрицы пассажирских корреспонденций [Текст] / М.Е. Елисеев, А.В. Липенков, М. Е. Сангалова // «Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева». – 2013. -№2. – с. 355-360
7. **Липенков А.В.** О подходах к моделированию времени простоя автобусов на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта [Текст] / Липенков А.В., Маслова О.А., Елисеев М.Е. // «Мир транспорта и технологических машин». – 2012. – №3. – с. 84-93
8. Официальный сайт Anylogic www.anylogic.ru [Электронный ресурс]