

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАССАЖИРСКОГО АВТОБУСНОГО МАРШРУТА В ANYLOGIC

А. В. Липенков, О. А. Маслова, М. Е. Елисеев (Нижний Новгород)

Городской пассажирский транспорт является сложной социально-экономической системой, так как включает большое число взаимосвязанных и взаимодействующих между собой компонентов. Для исследования данной системы необходимо использовать методы имитационного моделирования, что в конечном итоге позволит повысить обоснованность принимаемых управленческих решений, неверное принятие которых влечет недовольство со стороны населения.

В Нижнем Новгороде актуален вопрос оптимизации маршрутной сети городского пассажирского транспорта в связи со скорым пуском новой станций метро, объединяющей верхнюю и нижнюю части города. На текущий момент огромный пассажиропоток между верхней и нижней частями города обслуживается автомобильным транспортом. Соответственно многие автобусные маршруты, идущие в верхнюю часть города, с пуском метро станут не нужны. Появляется ряд вопросов. Какие маршруты закрыть? Какие изменить? Нужны ли новые автобусные маршруты с конечной остановкой возле новой станции метро? Какая часть пассажиров будет пользоваться услугами метро, а какая продолжит пользоваться автобусными маршрутами? Эксперименты с реальным объектом невозможны. Транспортная сеть Нижнего Новгорода не подвергалась научному исследованию и на первый взгляд перегружена коммерческими транспортными средствами, не относящимися к классу городских автобусов. Огромный вклад в разработку изменений схемы движения транспорта общего пользования в связи с введением новой линии метрополитена могут внести методы математического и имитационного моделирования.

В настоящий момент исследователи в области моделирования пассажирских перевозок в основном используют программные комплексы PTV Vision. Недостаток их заключается в том, что данный комплекс моделирования основан на зарубежных методиках, в частности Highway Capacity Manual. Отечественные исследователи утверждают, что зарубежные методики требуют адаптации к российским условиям [2].

В таких пакетах, например, нельзя смоделировать логику диспетчера, принимающего решение о выходе транспортного средства при сильном отставании от расписания. Также при моделировании исследователь вынужден разбивать территорию города на микрорайоны, без учета корреспонденции внутри них. Таким образом, он ограничен возможностями, заложенными разработчиком. Бесспорно, узкоспециализированные пакеты для транспортного моделирования обладают преимуществом: внести исходные данные в готовую форму намного удобнее, чем создавать все «с нуля». Исходя из этого, принято решение о разработке имитационной модели пассажирского автобусного маршрута и сети маршрутов в пакете с открытой архитектурой. Такая модель должна наиболее точно отразить реалии Российских пассажирских маршрутов. Для построения имитационной модели выбран отечественный профессиональный пакет имитационного моделирования AnyLogic 6, который позволяет создавать модели с очень низким уровнем абстракции и использовать любые парадигмы моделирования.

Разработанная имитационная модель пассажирского маршрута базируется на дискретно-событийной парадигме имитационного моделирования. При её построении была активно задействована стандартная библиотека AnyLogic Enterprise Library (Основная библиотека в последней версии продукта), предоставляющая для целей моделирования достаточно высокий функционал. Структура модели в среде AnyLogic представлена на рис. 1.

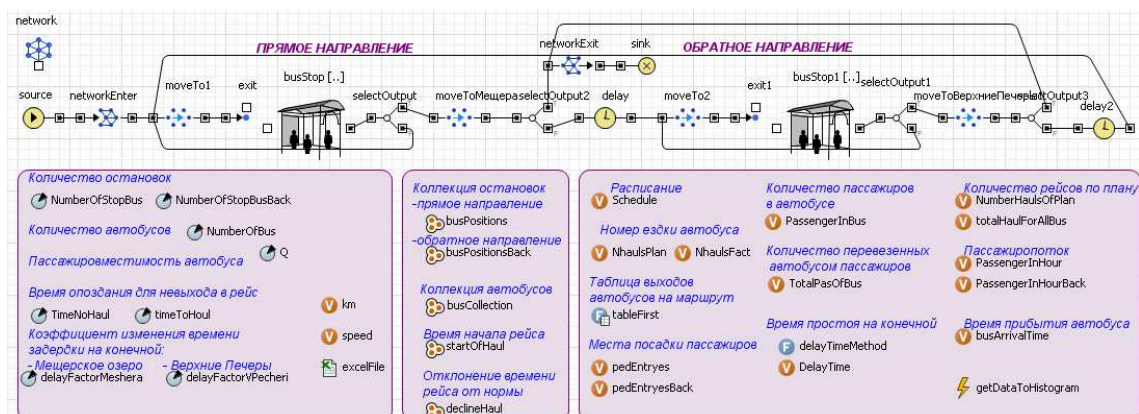


Рис. 1. Логика работы имитационной модели пассажирского маршрута

Описание объектов в модели:

Network – данный объект задает топологию маршрутной транспортной сети. На анимации (рис. 2) транспортная сеть представляет собой набор прямоугольников (*ShapeRectangle*), моделирующих остановочные пункты и ломаных линий (*Polylines*), моделирующих перегоны маршрута.

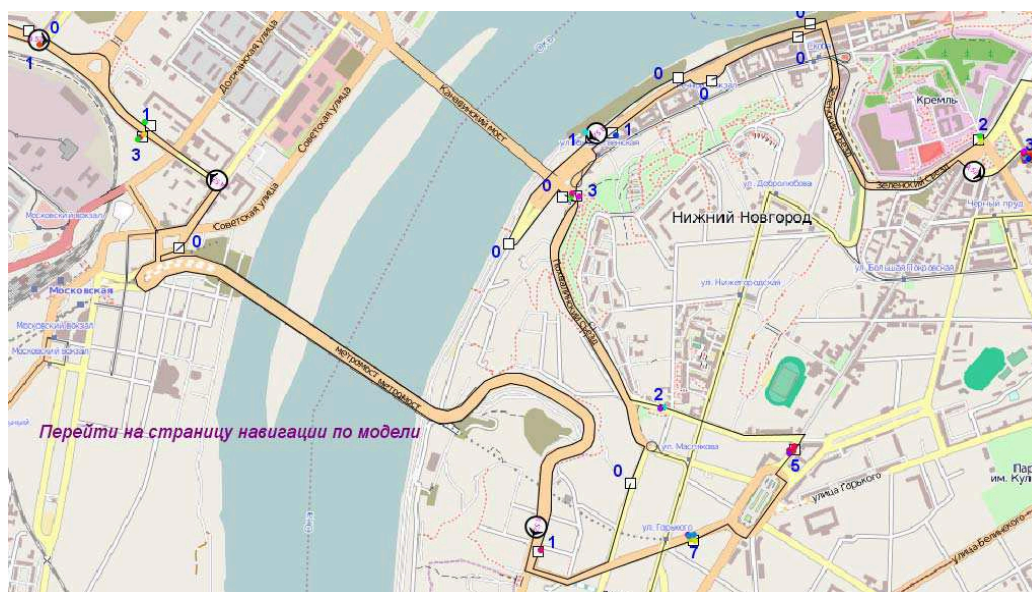


Рис. 2. Анимация имитационной модели

Source – это генератор автобусов. Автобусы выходят на линию в соответствии с действующим расписанием, которое может задаваться как с помощью специального модуля расписаний *Schedule*, так и обычной табличной функцией. В модели предусмотрены также и другие варианты генерации транспортных средств, в основном касающиеся коммерческого транспорта. Например, как это часто можно видеть в реальности, маршрутное транспортное средство выходит на маршрут за несколько минут до выезда муниципального автобуса, для того, чтобы собрать максимум пассажиров. После выхода AnyLogic 6.5.1. расписание в модели считывается из Excel-файла. При прогоне модели возможны отклонения от него, задаваемые из панели управления.

NetworkEnter – объект задает вход в транспортную сеть. С момента входа транспортные средства начинают отображаться на анимации (см. рис. 2). Необходимый объект при моделировании транспортных сетей в AnyLogic.

NetworkMoveTo – объект моделирует перегон маршрута. Он указывает транспортному средству путь следования к ближайшему остановочному пункту. В модели заложена возможность менять скорость автобуса на перегоне в зависимости от времени суток, так как скорость в течение дня и на различных перегонах маршрутов может значительно отличаться.

BusStop – активный вложенный объект моделирующий остановочный пункт между перегонами маршрута и состоящий из следующих объектов (рис. 3):

SourcePed – генератор пассажиров на остановочном пункте. Каждый поступающий на остановочный пункт пешеход (назовем его заявкой) обладает определенными характеристиками: место назначения, наличие проездного билета и т.д. В соответствии с этим пешеход выбирает маршрут движения и вид транспортного средства (либо садиться в первый подошедший, либо ждет только муниципальный автобус). Возможно включение в модель любых дополнительных свойств пассажиров. Для получения модели поступления пассажиров на остановочный пункт нужны натурные наблюдения, о чем будет сказано ниже.

Queue – моделирует очередь ожидающих посадки пассажиров. Очередь работает по принципу FIFO (First In First Out) – первым пришел, первым будешь обслужен. Конечно, в реальности это далеко не так, но для построения адекватной модели не существенно, кто из пассажиров не смог осуществить посадку, важен сам факт отказа в обслуживании.

Pickup – вместе с объектом *Dropoff* моделируют посадку-высадку пассажиров. При посадке проверяется несколько условий. Во-первых, условие перегруженности автобуса. При высокой загрузке транспортного средства возможен отказ пассажиру в посадке. Количество пассажиров, получивших отказ в обслуживании, фиксируется. Это может быть одним из критериев дальнейшей оптимизации маршрута и всей сети. Второе условие посадки пассажиров – возможность добраться на подошедшем автобусе к месту назначения.

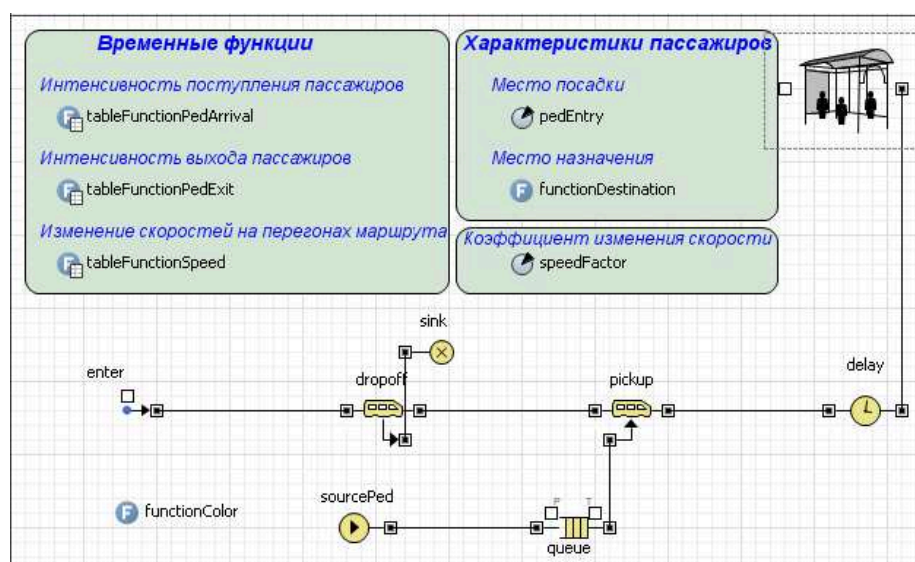


Рис. 3. Логика активного объекта BusStop

Delay – объект моделирует время простоя автобуса на остановочном пункте. Моделирование времени простоя автобуса на остановках более подробно было рассмотрено в работе [1].

После окончания посадки пассажиров транспортное средство направляется на следующую остановку и цикл (остановочный пункт – перегон маршрута – остановоч-

ный пункт) повторяется, до тех пор, пока транспортное средство не прибудет на конечную остановку, которая также моделируется объектом *Delay* корневого активного объекта *Main*.

В модели логика пассажира реализована с помощью созданного нового Java-класса (в основе AnyLogic лежит Java). В модели этот класс назван *Passenger*. У данного класса были добавлены необходимые поля, такие как: проездной билет (поле булевского типа: *true* – имеется проездной, *false* – проездного нет), место назначения, (пассажир выбирает только тот транспорт, который идет к месту назначения, заданного фигурой анимации типа *ShapeRectangle*) и т.д. С помощью дополнительных полей стало возможным создание «умных» пассажиров, умеющих выбирать маршрут, тип транспортного средства, остановку для пересадки. Одним из ключевых моментов в логике пассажира является поле «место назначения», которое задается при его генерации в блоке *SourcePed*.

Для построения адекватной имитационной модели при поддержке департамента транспорта Нижнего Новгорода было проведено обследование пассажиропотоков на двух маршрутах: социальном маршруте №52 (используются автобусы большого класса ЛиАЗ 5256) и коммерческом №7 (используются маршрутные такси ПАЗ 3205).

Так как разрабатываемая имитационная модель обладает низким уровнем абстракции и моделирует каждого отдельного пассажира, который самостоятельно выбирает транспорт, осуществляет пересадку, обследование было решено проводить комбинированным методом (табличный плюс опросный). В специально разработанный бланк учетчики заносили количество входящих и выходящих пассажиров на каждой остановке и время прибытия на остановочный пункт. Опрос проводился в салоне транспортного средства на предмет места назначения пассажиров.

Обследование показало низкую эффективность опроса. Причиной послужили сложность проведения в «часы пик», нежелание многих пассажиров содействовать обследованию. Поэтому место назначения пассажира в модели было решено задавать исходя из информации по интенсивности выхода, которая считывалась из бланков обследования.

В ходе работы модели, в режиме реального времени отображается статистика работы маршрута: наполняемость работающих автобусов, количество пассажиров на всех остановках, рисуются гистограммы пассажиропотоков в прямом и обратном направлениях по каждому часу, а также круговые диаграммы распределения пассажиров по месту посадки и высадки в прямом и обратном направлениях (рис. 4, 5).

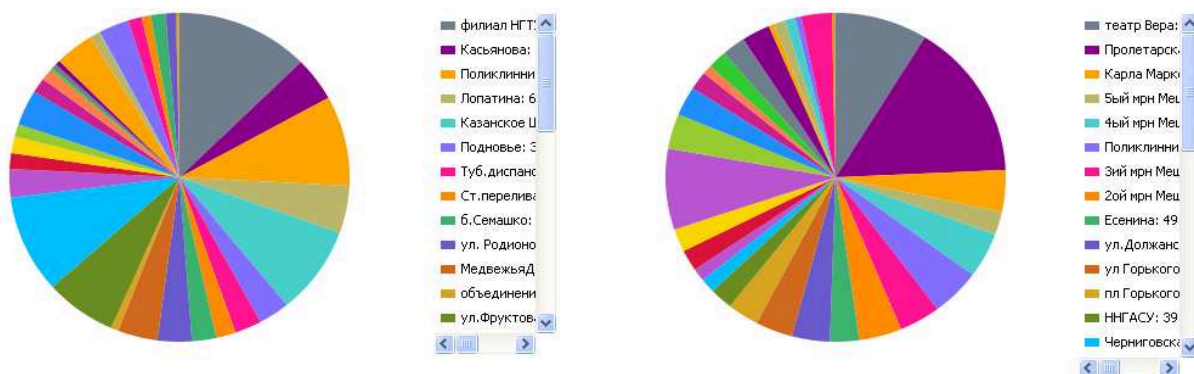


Рис. 4. Статистика работы маршрута по распределению пассажиров (прямое и обратное направление)

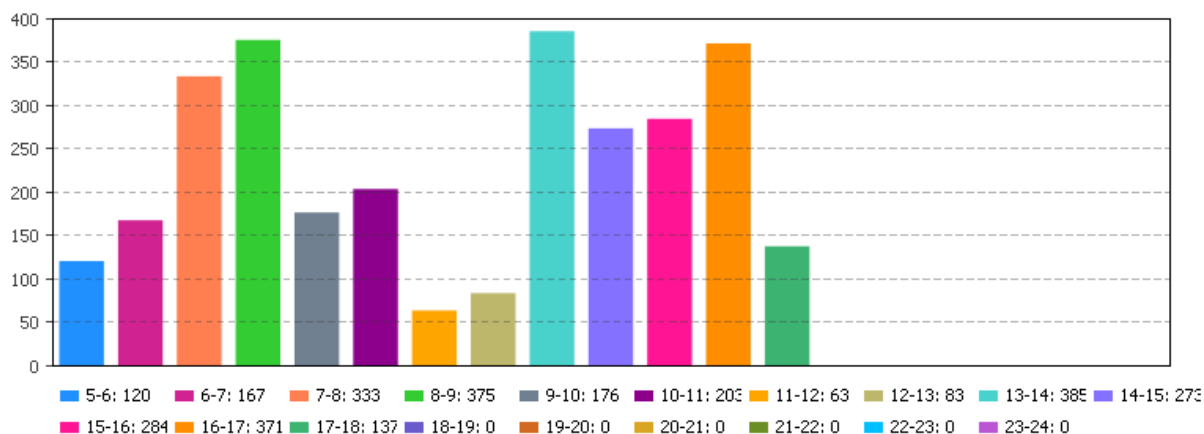


Рис. 5. Гистограмма пассажиропотоков в модели

Построенная модель реального маршрута позволяет проводить различные эксперименты, с целью оптимизации работы автобусных маршрутов: корректировка маршрутных расписаний, введение комбинированных режимов движения (экспрессное, скоростное), выбор типа и количества подвижного состава. Но основная задача проведенной работы: подготовка и апробация единичного маршрута для создания маршрутной сети всего города и её оптимизации.

Литература

1. **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. Т. 2. С. 50–54.
2. **Михайлов А. Ю., Зедгенизов А. В., Шаров М. И., Куприянова А. Б.** Адаптация методов расчета остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта к российским условиям // *Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах*, СПб, 2006. С. 302–307.