

## РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ЦЕНТРАЛЬНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

А.Г. Дёмин (Москва)

### Предпосылки к созданию модели

В начале 2015 года в России на государственном уровне рассматривался вопрос отказа от выделения дотаций ОАО «РЖД» и части субъектов Центрального федерального округа (далее ЦФО) по пригородным пассажирским перевозкам [1]. В связи с этим в большинстве субъектов ЦФО пригородные пассажирские маршруты были исключены из расписания. После вмешательства Президента РФ было восстановлено пригородное сообщение, но в связи с непрозрачностью запрашиваемых субсидий ОАО «РЖД», была запущена НИР по разработке концепции организации пригородных пассажирских перевозок в ЦФО. Для реализации были привлечены консультанты в лице компаний «МКД-партнер» и «Центр прикладной логистики», для разработки имитационной модели была привлечена компания «Фокус Групп».

### Реализация концепции

В рамках реализации НИР была создана рабочая группа с участием представителей региональных министерств транспорта и компаний-консультантов. Рабочая группа подготовила концепцию, которая основывалась на следующих принципах: каждый маршрут рассчитывается отдельно в рамках границ субъекта;

– маршрут, проходящий между двумя субъектами, делится по середине между пограничными станциями на границе субъектов;

– используются ставки на перевозку пассажиров, предоставленные ОАО «ЦППК» и автобусными транспортными компаниями.

В ходе обсуждений было предложено оценить возможность предоставления альтернативных маршрутов на базе существующих или вновь созданных автобусных маршрутов (далее – альтернативные маршруты).

Для оценки экономического эффекта от альтернативных маршрутов было принято решение реализовать имитационную модель, позволяющую:

- формировать транспортную ситуацию по базовому (фактическому) сценарию;
- формировать альтернативные маршруты с учетом перевода пассажиропотока;
- прогнозировать транспортную ситуацию по альтернативному сценарию.

В качестве первого региона для применения и валидации модели была выбрана Тульская область. Результатами экспериментов с имитационной моделью стали:

– предложения по замене железнодорожных маршрутов, для которых возможно предоставить альтернативный маршрут;

– расчёты экономической эффективности на существующем пассажиропотоке.

Маршруты, для которых нет возможности найти альтернативные, признаются социально-значимыми.

### Создание имитационной модели

Первый вопрос, который предстояло решить разработчикам модели: какой инструмент использовать для разработки модели? Вариант разработки модели с нуля без использования специализированных сред моделирования был отсеян практически сразу, так как не позволял разработать модель во временных рамках проекта, что типично для подобных

проектов [2]. После этого были проанализированы существующие на рынке программные среды имитационного моделирования (AnyLogic, Arena, Plant Simulation, Simio, Simul8), призванные значительно сократить сроки и облегчить разработку моделей. Для реализации имитационной модели был выбран инструмент AnyLogic в силу следующих факторов:

- AnyLogic единственная среди коммерческих систем поддерживает агентное моделирование;
- система предоставляет гибкую работу с ГИС-картами;
- AnyLogic позволяет экспортировать модель в виде независимого от среды разработки Java-приложения;
- значительно облегчает взаимодействие с Excel-шаблонами и базами данных для ввода и вывода данных;

Остановимся на каждом из пунктов более подробно.

### Агентное имитационное моделирование

Транспортно-логистические модели хорошо ложатся на аппарат агентного моделирования. Агентное моделирование позволяет задать модель через описание типовых объектов (агентов), их поведения и правил их взаимодействия. В рассматриваемой модели представлены агенты: поселение, поезд, автобус, железнодорожная станция, автобусная остановка, железнодорожный и автобусный маршруты. После того как агенты заданы, необходимо проинициализировать их параметрами реальных или предполагаемых объектов: координатами поселений, остановок, станций, точками маршрутов и т.д. Эти и другие исходные данные для конкретного региона вводятся в модель через Excel-шаблоны.

Агентное моделирование – гибкий инструмент, для примера обратимся к фрагменту модели, изображённому на рис. 1.

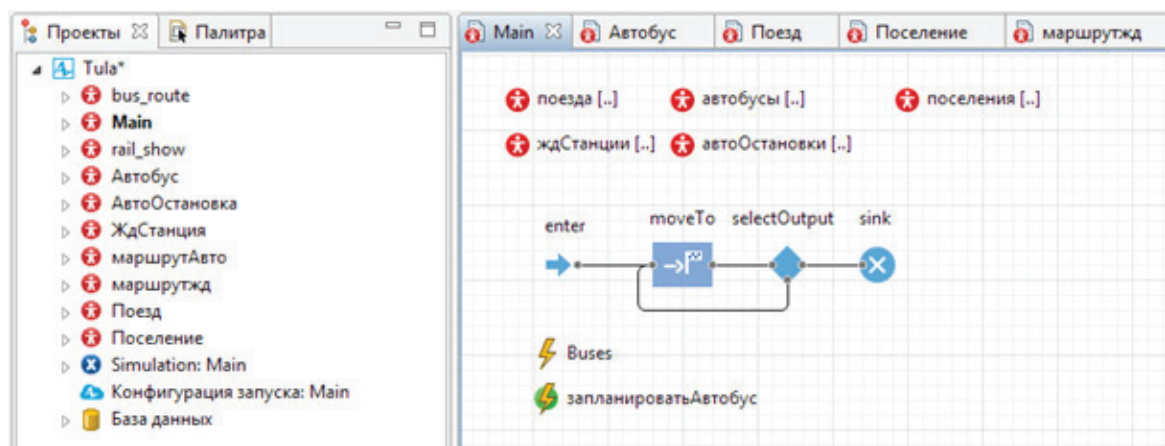


Рис 1. Фрагмент модели в среде разработки AnyLogic

В левой части мы видим дерево проектов, где приводится список объектов в модели, в том числе все типы агентов. В правой части снимка экрана приводится часть логики корневого объекта модели. Четыре стандартных блока отвечают за перемещения агентов в пространстве. Агент создаётся по расписанию, входит в процесс через блок «enter», перемещается к следующему пункту маршрута блоком «moveTo». В блоке «selectOutput» осуществляется проверка, конечная ли это остановка или нет, если не конечная, то агент возвращается обратно в блок «moveTo», который посылает его к следующей остановке. Подобная простая логика способна полностью описать процесс движения агентов в пространстве, при условии, что среда позволяет получать автомобильные и железнодорожные маршруты из ГИС.

## Географические информационные системы (ГИС) и транспортно-логистические модели

ГИС – базовая функциональность, основа для разработки транспортно-логистических моделей. Все агенты расположены на карте региона, при этом регион не известен заранее, то есть вся информация о карте региона должна автоматически загружаться с серверов, предоставляемых ГИС.

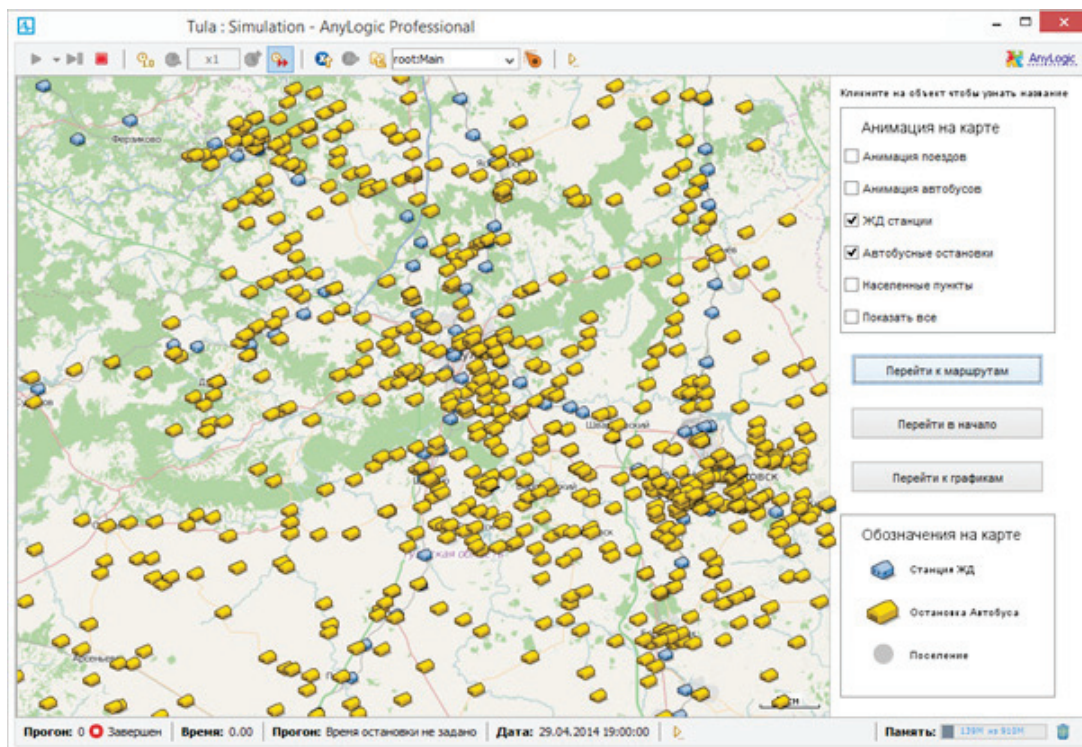


Рис 2. Агенты-поселения на ГИС-карте в запущенной модели

Аналогично вся информация о длинах железнодорожных и автомобильных маршрутов должна автоматически загружаться с серверов, предоставляемых ГИС. В рассматриваемой модели были использованы 2 поставщика маршрутов: для сетей железнодорожных и автомобильных дорог.

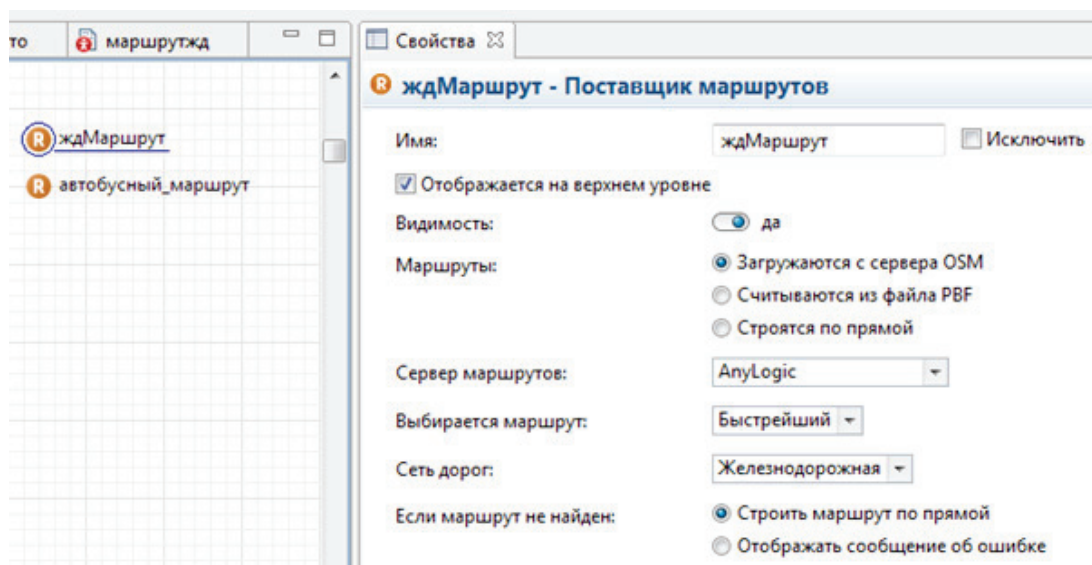


Рис 3. Компонент AnyLogic – поставщик маршрутов



Модель так же предоставляет возможность просчёта и визуализации альтернативных маршрутов.

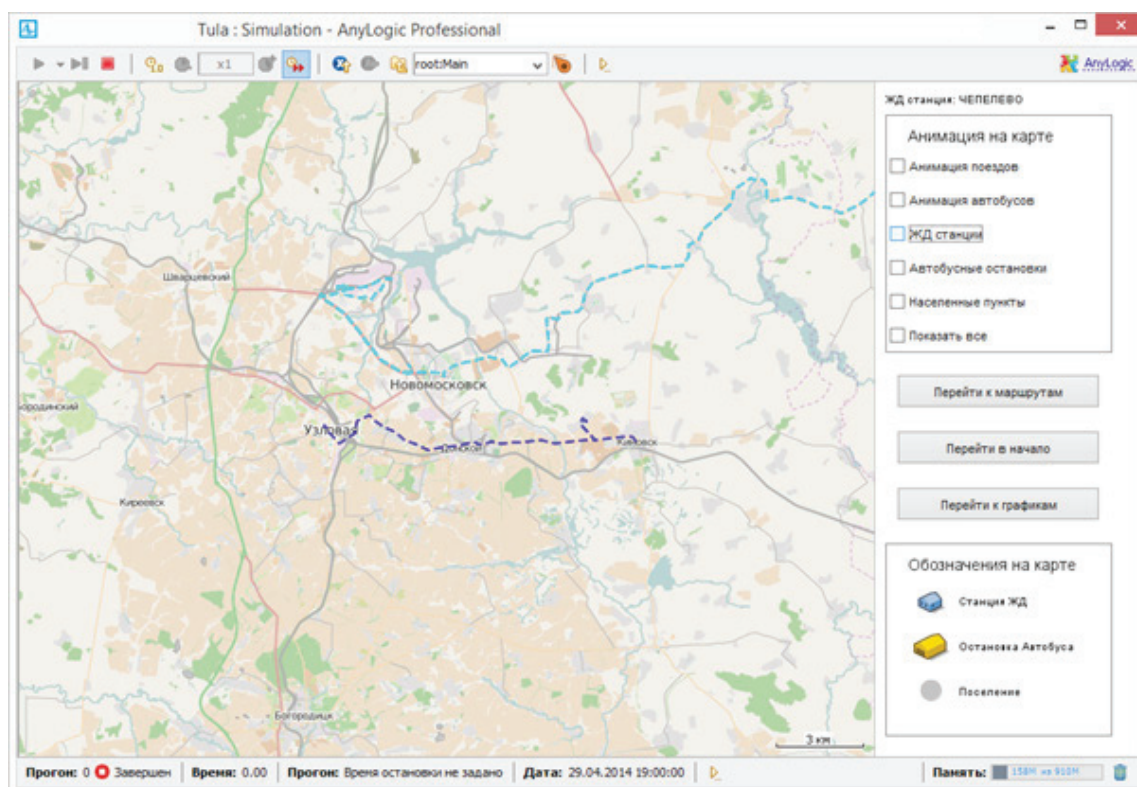


Рис 4. Анимация маршрутов на ГИС-карте в запущенной модели

### Результаты проекта и его ценность для заказчика

Модель передана заказчику в виде полностью параметризуемого автономного решения, опирающегося на данные ГИС и исходные данные в файле сценария.

Отчёты предоставляются в виде Excel-фалов заданного формата. Изменяя исходные данные, можно производить новые эксперименты с транспортной системой области, а также применить эту же методику для других регионов.

Таким образом, созданное приложение – типичная система поддержки принятия решений, основанная на имитационной модели [4].

Произведён расчёт для Тульской области, построено шесть альтернативных автобусных маршрутов для заданных параметров системы. При изменении параметров число и типы альтернативных автобусных маршрутов изменяются.

На базе модели осуществлён экономический анализ, который показал, что четыре из шести найденных альтернативных автобусных маршрутов убыточны. При этом за счет снижения себестоимости перевозки достигается сокращение требуемого объема субсидий на значительную сумму.

Семнадцать железнодорожных маршрутов признаны социально-значимыми, т.к. не имеют возможности замещения автобусным транспортом.

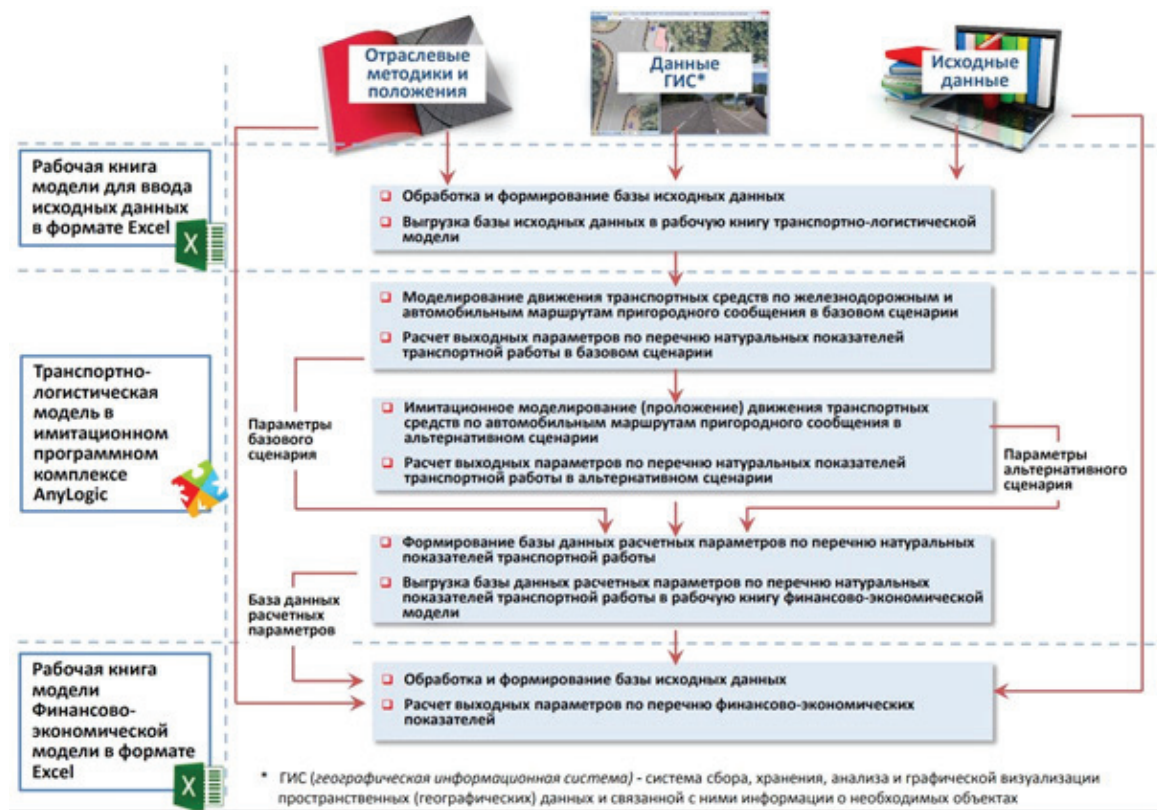


Рис 5. Структура и основные функции программного комплекса

### Выводы

Разработанная модель решает типовую задачу, возникающую при расчетах транспортно-логистических систем [2]. В литературе рассматривался опыт применения дискретно-событийного имитационного моделирования пассажирских перевозок на уровне городов: Нижний Новгород [5], Набережные Челны [6] и др. В ходе проекта агентное моделирование, опирающееся на данные ГИС, показало свою применимость для данного класса задач на уровне пригородных перевозок в отдельно взятой области.

### Литература

1. **Информационное агентство «ФедералПресс».** Ассоциация «ЦФО» предложила свое решение проблемы пригородных перевозок. 02.11.2015.  
<http://fedpress.ru/news/econom/train/1446475373-assotsiatsiya-tsfo-predlozhila-svoe-reshenie-problemy-prigorodnykh-perevozok>
2. **Борщёв А.В.** Как строить простые, красивые и полезные модели сложных систем. Материалы конф. ИММОД 2013. Казань.
3. **Суслов С.А.** Имитационная модель – уже вполне обычная составная часть логистических проектов. Логистика №2. 2012.
4. **Суслов С.А.** Система поддержки принятия решений для планирования развития региональных систем газоснабжения // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2009. №12.
5. **Липенков А.В., Липенкова О.А, Елисеев М.Е.** Моделирование маршрутной сети пассажирского транспорта Нижнего Новгорода в AnyLogic // Материалы конф. ИММОД 2013. Казань.
6. **Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Шубенкова К.А.** Совершенствование управления транспортными потоками города с использованием имитационного моделирования // Материалы конф. ИММОД 2009. Санкт-Петербург.