

СРЕДА НИЗКОУРОВНЕВОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

А.А. Малыханов, В.Е. Черненко (Ульяновский государственный университет)

Показано, что низкоуровневое имитационное моделирование автомобильных потоков – эффективное средство поддержки принятия решений при проектировании и реорганизации транспортных систем. Предложена расширяемая среда моделирования транспортных систем, ориентированная на специалистов в данной предметной области и устраняющая часть недостатков, присущих существующим системам поддержки принятия решения (СППР)¹.

Ключевые слова: имитационное моделирование, система поддержки принятия решений, транспортные системы.

Использование СППР при проектировании и реорганизации транспортных систем

Уровень сложности современных технологических систем неизбежно повышается с развитием технического прогресса. В связи с этим становится практически невозможным вручную или с помощью простых настольных инструментов просчитать последствия решений, принимаемых при проектировании и эксплуатации систем. Все это в полной мере относится к автотранспортным системам: возрастающие автомобильные потоки, внедрение современных средств организации и управления движением, потребность учета нештатных ситуаций диктуют необходимость тщательной оценки последствий принимаемых решений.

Система поддержки принятия решений – специализированная информационная система, позволяющая осуществлять аргументированный выбор одного из возможных вариантов при принятии проектных решений. Правильно принятое решение на этапе проектирования позволяет экономить значительные средства при выполнении последующих этапов работ и эксплуатации системы. Использование СППР особенно оправдано при проектировании объектов дорожной инфраструктуры ввиду высокой стоимости дорожного строительства. Более того, многие транспортные объекты имеют высокую экономическую и социальную значимость, их неэффективное функционирование может повлечь за собой отставание территорий в экономическом развитии и недовольство населения.

Анализ и прогнозирование функционирования автотранспортных систем необходимо проводить как на этапе проектирования системы, так во время ее функционирования. Реорганизация дорожного движения часто является единственным способом повышения пропускной способности городских магистралей. Для такой реорганизации все чаще применяются системы гибкого автоматизированного управления потоками, неверная настройка которых может парализовать дорожное движение [1]. Этим подтверждается необходимость использования СППР и в организации дорожного движения.

Наиболее часто используемые СППР основываются на экспертных системах, информационном поиске или имитационных моделях. СППР на основе имитационных моделей хорошо зарекомендовали себя в области решения проблем организации дорожного движения [2].

¹ Статья подготовлена по материалам одноименного практической конференции ИММОД-2009.

СППР на основе имитационных моделей

Имитационная модель – это компьютерное представление некоторой системы, отражающее с требуемой подробностью элементы системы и связи между ними. Таким образом, исследование характеристик некоторой транспортной системы можно заменить исследованием характеристик ее модели. Существует несколько способов проведения исследований с помощью имитационного моделирования (ИМ), наиболее часто применяется выбор наилучшего из нескольких предложенных вариантов и подбор одного или нескольких параметров с целью оптимизации значения целевого функционала.

Размер моделируемой транспортной системы влияет на выбор масштаба модели. Разработка излишне подробной модели большой транспортной системы может привести к неоправданным затратам на исследования, не улучшив при этом его результаты. Поэтому важным является выбор масштаба моделирования, адекватного исследованию. Например, для моделирования транспортной системы города в целом целесообразно использовать высокоуровневую имитационную модель, оперирующую агрегатными характеристиками транспортных потоков. В то же время при моделировании транспортной развязки часто нельзя пренебрегать индивидуальным поведением участников движения и конфигурацией дорог – необходимо использовать низкоуровневую имитационную модель.

Низкоуровневое имитационное моделирование позволяет решать следующие задачи, относящиеся к проблемам организации движения автомобильного транспорта:

- оптимизация фаз светофорного регулирования;
- оценка эффективности внедрения и настройка параметров адаптивных систем управления транспортными потоками;
- подбор оптимальной ширины проезжей части вновь строящихся дорог, в том числе с учетом возрастания транспортных потоков в будущем;
- оценка вариантов конфигураций транспортных узлов и развязок.

СППР на основе имитационных моделей представляет собой среду, позволяющую разрабатывать и настраивать модели транспортных систем, проводить эксперименты с ними, получать и анализировать результаты. Для краткости такую программную систему будем называть средой моделирования транспортных систем.

доклада, прозвучавшего на IV Всероссийской научно-

Существующие среды моделирования транспортных систем и их недостатки

В настоящее время существуют несколько средств низкоуровневого моделирования транспортных систем. Все подобные системы кроме TransportLibrary AnyLogic 5 (www.xjtek.com/anylogic) являются зарубежными разработками и имеют высокую стоимость, часто неприемлемую для отечественных проектных организаций и муниципальных образований. Моделирование во многих средах, например, VISSIM (www.traffic-group.com/services/vissim.html), Transmodeler (www.calliper.com/transmodeler/default.htm) предоставляет богатый набор возможностей, но часто является неоправданно сложным и недоступным специалистам в предметной области, так как предполагает глубокое знание технологий имитационного моделирования и часто подготовку в области программирования разработчика моделей. В TransportLibrary AnyLogic 5 необходимо детально указывать возможные траектории движения автомобилей, что делает невозможным, например, адекватно моделировать перестроения автомобилей при движении по многополосному участку дороги. Некоторые средства (например, SIDRA Intersection, www.sidrasolutions.com/traffic_software.aspx) позволяют моделировать только отдельные типы объектов транспортной инфраструктуры, что сильно ограничивает применимость моделирования при исследовании транспортных систем.

Общим недостатком существующих систем являются высокие требования к разработчику модели и потребность в участии специалиста по имитационному моделированию на все этапах исследования.

В этих условиях представляется целесообразным создание новой среды [3], обладающей следующими свойствами:

- простота создания моделей, ориентированность на специалистов предметной области, а не на инженеров, специализирующихся в области имитационного моделирования;
- наглядность моделирования, максимальное визуальное сходство модели и моделируемой системы;
- наличие удобных средств калибровки моделей, обеспечивающих возможность повышения адекватности моделирования;
- расширяемость моделей, предоставление возможности инженерам-программистам обогащать набор средств разработки моделей.

Структура среды

В качестве основы среды была выбрана система моделирования AnyLogic 6. Выбор данной системы обусловлен наличием в ней следующих возможностей:

- богатый набор инструментов для визуализации моделей;
- возможность проводить эксперименты типа "что, если?" и оптимизационные эксперименты по подбору параметров;
- обеспечение расширяемости за счет добавления новых модулей в подключаемых библиотеках;

- широкие возможности по обмену данными с внешними приложениями, такими как MS Excel и БД.

Структура среды моделирования транспортных систем показана на рис. 1. Пользователи системы – специалисты в предметной области создают модели с помощью графического конструктора и имеют возможность сохранять их в файлах формата XML. С помощью модуля калибровки они настраивают параметры участников дорожного движения в соответствии с данными, полученными на участках, аналогичных моделируемому. Исполняющий модуль обеспечивает возможность запуска экспериментов в любом желаемом масштабе времени. Главной частью исполняющего модуля является анимация модели, демонстрирующая изменение состояния системы во времени. По окончании моделирования отчет об эксперименте может быть выведен во внешнее приложение для последующего анализа. Возможность добавления новых компонентов в виде подключаемых библиотек обеспечивает расширяемость среды.

Проведение экспериментов в среде

Моделирование в разработанной среде начинается с определения структуры моделируемого участка, которая задается с помощью графического конструктора в режиме визуального редактирования. Такой вид проектирования подразумевает конструирование модели из графических элементов путем их соединения и настройки их свойств, что является гораздо более наглядным, чем, например, ввод информации в текстовом виде [4]. Редактор моделей созданной среды поддерживает интуитивно понятные приемы при разработке моделей. Так, поддерживаются операции перетаскивания объектов, их соединения, изменения свойств с помощью служебных маркеров [5]. Конструктор среды обладает дополнительными возможностями, облегчающими разработку моделей:

- автоматическую настройку необходимых параметров соединяемых элементов;
- проверку корректности построенной модели, указание мест возможных ошибок.

Внешний вид графического конструктора показан на рис. 2.

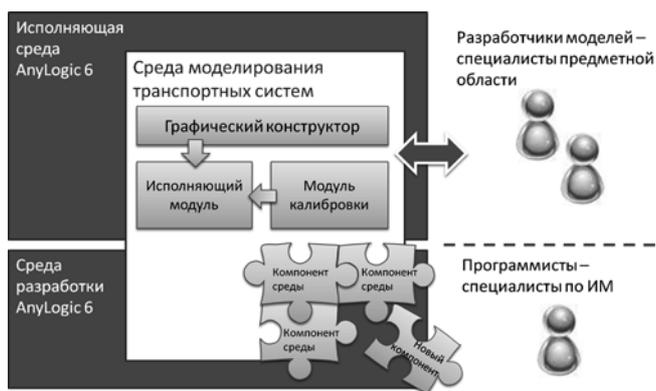


Рис. 1. Структура среды моделирования транспортных систем

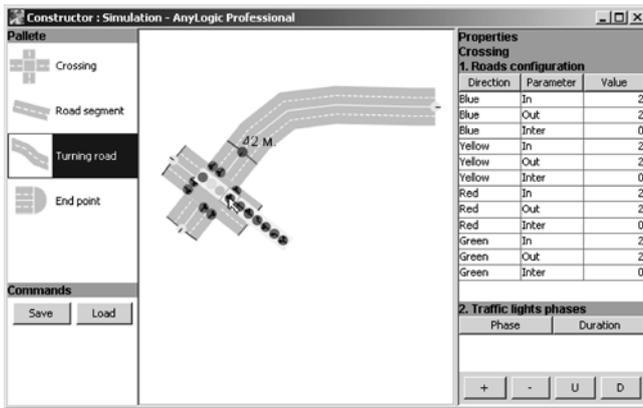


Рис. 2. Внешний вид окна графического конструктора моделей транспортных систем

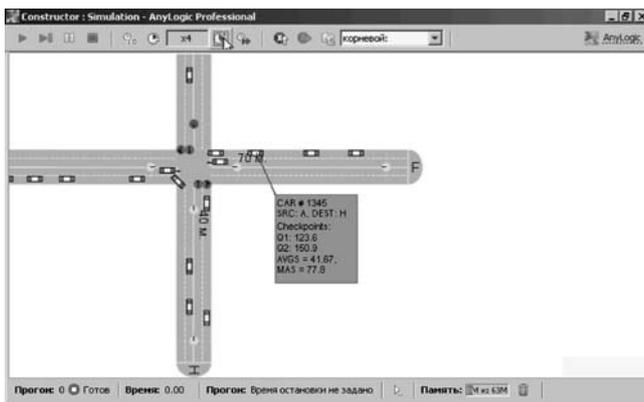


Рис. 3. Внешний вид анимации эксперимента

Следующим этапом моделирования является калибровка модели, сводящаяся в случае с мелкомасштабным моделированием транспортных систем к настройке параметров участников движения. В среде выбран агентный подход к моделированию [6], при котором поведение модели складывается из взаимодействия однотипных агентов (участников движения) между собой и со статической средой обитания агентов (совокупностью объектов транспортной инфраструктуры). Центральным элементом модели является класс агента, обладающий набором параметров. Каждый параметр характеризуется названием и функцией распределения, в общем случае зависящей от других параметров. Агент-участник движения является экземпляром класса агента с конкретным набором значений параметров, выбранных согласно заданным в классе распределениям. Таким образом, настройка параметров участников движения производится путем выбора функции распределения значений параметров из набора стандартных функций на основе справочной информации [7] или гипотез исследователя. После задания структуры модели и ее калибровки можно приступить к проведению экспериментов. Запуск эксперимента переводит среду в режим исполнения модели, при котором отображается анимация, представляющая собой двумерный план моделируемой системы с движущимися по ней автотранспортными средствами

(рис. 3). Во время исполнения модели исследователю доступны следующие действия:

- увеличение и уменьшение скорости моделирования (отношения количества единиц модельного времени к числу единиц РВ);
- изменение масштаба и позиционирование плана моделируемого участка;
- остановка и возобновление моделирования;
- просмотр информации о каждом участнике движения, отображаемой на анимации;
- просмотр текущих данных о загрузке отдельных участков дорог и скорости движения на них.

По окончании эксперимента данные, собранные в ходе его выполнения, записываются в БД, из которой они могут быть экспортированы в приложения, предназначенные для их анализа и визуализации (например MS Excel). В зависимости от настроек среды в ходе моделирования могут собираться различные данные:

- время прохождения каждым участником движения контрольных отметок;
- загруженность отдельных участков системы в заданные периоды времени;
- средняя скорость прохождения потока через контрольные отметки;
- среднее время нахождения участников движения на заданных участках.

Агрегация этих данных как с помощью стандартных запросов к БД среды, так и с помощью внешних средств позволяет представить информацию о проведенном эксперименте в виде таблиц, графиков и диаграмм.

Добавление новых функциональных блоков в среду

На данный момент разработаны следующие основные компоненты для моделирования транспортных систем:

- прямой участок дороги, характеризующийся свойствами — длина, число полос движения в каждом направлении, наличие и ширина разделительной полосы;
- перекресток, характеризующийся числом полос движения, наличием и шириной разделительной полосы каждой из примыкающих дорог;
- изгиб дороги, характеризующийся длиной, конфигурацией изгиба, числом полос движения в каждом направлении, наличием и шириной разделительной полосы;
- участок изменения ширины дороги (число полос движения в каждом направлении на въезде в участок и выезде с него);
- граница моделируемого участка (число полос движения в каждом направлении, наименование).

При создании моделей реально существующих транспортных систем неизбежны ситуации, когда набор существующих компонентов среды не позволяет отразить структуру моделируемого транспортного узла. Возникает необходимость добавления новых компонентов для наиболее точного задания структуры моделируемой системы. В таких случаях исследователи транспортной системы вынуждены обращаться к

специалистам в области имитационного моделирования, обладающим навыками программирования в среде AnyLogic 6.

Разработкой нового компонента среды для моделирования нестандартного транспортного узла занимается организация, специализирующаяся на имитационном моделировании. В результате среда дополняется новым компонентом, который может быть использован не только в конкретном проекте, но и для моделирования других подобных транспортных узлов.

При разработке новых компонентов, специалисты по имитационному моделированию могут пользоваться всем набором средств, предоставляемых системой AnyLogic 6 (диаграммы состояний, события, низкоуровневая реализация логики на языке Java).

Заключение

Разработанная система испытывается на тестовых примерах, построенных на результатах имеющегося практического опыта применения имитационного моделирования. В испытаниях принимают участие сотрудники кафедры "Информационных технологий" Ульяновского государственного университета совместно со специалистами в предметной области.

Система позволяет моделировать участки автотранспортных систем с учетом индивидуального поведения участников движения и особенностей конфигурации дорог на моделируемом участке. Имеется возможность исполнения моделей транспортных систем с числом агентов <700 ед. на ПК в масштабе РВ. Система позволяет моделировать и более крупные системы, но с меньшей скоростью.

Низкоуровневое имитационное моделирование транспортных систем – эффективный способ поддержки принятия решений при проектировании и

эксплуатации объектов дорожного хозяйства. Основным недостатком существующих систем являются высокие требования к исследователю, потребность в наличии у него глубоких знаний в области программирования и имитационного моделирования. Разработанная среда способствует частичному решению проблемы. Структура среды позволяет подключать квалифицированных специалистов по имитационному моделированию лишь при необходимости. Среда является системой поддержки принятия решений и охватывает все этапы проведения исследований с помощью имитационного моделирования.

Список литературы

1. Garber J.N. Traffic & Highway Engineering, 4th Edition, Cengage Learning. USA. 2008.
2. Marakas G.M. Decision support systems in the twenty-first century. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. 1999.
3. Мальханов А.А., Кумунжиев К.В., Черненко В.Е. Среда имитационного моделирования транспортных систем / IV всероссийская научно-практич. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности (ИММОД-2009). СПб.: ЦНИИТС. 2009.
4. Smolander K., Marttiin P., Lyytinen K. and V-P.Tahvanainen. MetaEdit – a flexible graphical environment for methodology modelling. Advanced Information Systems Engineering, Springer Verlag. LNCS Vol. 498. 1991.
5. Черненко В.Е. Графический конструктор моделей транспортных систем // Сб. научных тр. всероссийской конф. ОИ-2009. Т.1. УлГТУ. Ульяновск. 2009.
6. Borshchev, A. Filippov. From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling // XJ Technologies. 2006.
7. Akcelik R., Besley M. Microsimulation and analytical methods for modelling urban traffic. Conference on Advance Modeling Techniques and Quality of Service in Highway Capacity Analysis, Truckee, California, USA, July 2001.

Мальханов А.А., Черненко В.Е. – аспиранты Ульяновского государственного университета.

Контактный телефон (917) 627-15-92.

E-mail: malyhanov@yandex.ru, chernenkove@gmail.com

Новая серия недорогих высокофункциональных панелей оператора GT12 от Mitsubishi Electric

Для удовлетворения постоянно растущих требований, предъявляемых к панелям оператора бюджетного класса, Mitsubishi Electric разработала новую серию GT12, расширяющую семейство GOT1000 и являющуюся промежуточной по своей функциональности моделью между GT11 и GT15. Новая серия представлена двумя моделями с размерами экрана 8,4" и 10,4". Их контрастный дисплей с TFT-матрицей поддерживает разрешение 640x480 пикселей с отображением 256 цветов. Аналоговый сенсорный экран позволяет размещать виртуальные кнопки произвольным образом, не привязываясь к сетке. Память проекта объемом 6 Мб также более чем достаточна для приложений с большим объемом визуализации и несколькими экранами.

В стандартное оснащение панели включены порты Ethernet 10/100 Мбит/с, два последовательных порта (RS-232 и RS-442/485), USB-порт для подключения компьютера, а также разъем для карт памяти формата Compact Flash. Драйверы ОС поддерживают как весь спектр продукции для автоматизации Mitsubishi Electric (моноблочные и модульные ПЛК, преобразователи частоты, сервосистемы и системы ЧПУ), так и множество кон-

троллеров других производителей, а также микрокомпьютеры, температурные контроллеры, считыватели штрих-кодов и RFID-меток. Кроме того, к панелям оператора GT12 одновременно может быть подключено до двух различных устройств, так же, как и две панели оператора GT12 могут быть подключены к одному устройству.

Новые панели оператора обладают расширенным функционалом в области обработки данных. Такие функции, как ведение архива, построение графиков трендов аналоговых величин и расширенный функционал аварийных сообщений и мониторинга системы повышают удобство эксплуатации производственной установки, а возможность резервного копирования и просмотра/редактирования программы контроллера ускоряют восстановление системы в случае внезапного выхода из строя отдельных компонентов.

Панели соответствуют классу защиты IP67f, то есть защищены от попадания пыли, брызг воды и агрессивных охлаждающих и смазочных жидкостей, а также могут работать в диапазоне температур 0...50 °С, что позволяет монтировать их непосредственно на шкафах управления установками или механизмами.

[Http:// www.mitsubishielectric.ru](http://www.mitsubishielectric.ru)