
**ИМИТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ
УНИВЕРСИАДЫ 2013 В КАЗАНИ****А.А. Галиахметов, Т.В. Девятков, Ф.В. Исаев, В.В. Девятков, М.М. Назмеев (Казань)****Введение**

XXVII Всемирная летняя Универсиада 2013 года в Казани стала первым мульти-спортивным мероприятием в истории современной России. В Казани, помимо огромного объема строительных работ, предстояло создать сложнейшую организационно-техническую систему по подготовке и проведению игр. Одним из важнейших элементов этой системы была транспортная составляющая. А это несколько тысяч транспортных средств (далее ТС), более сотни маршрутов между десятками объектов для обслуживания свыше 14 тысяч спортсменов, журналистов, организаторов и официальных лиц. Необходимо было обеспечить бесперебойную и своевременную их доставку на места проведения спортивных и официальных мероприятий. При этом нужно было выполнить все требования ФИСУ, расписание соревнований и тренировок.

Перед нами была поставлена задача – провести имитационное исследование этой транспортной системы. Необходимо было рассматривать не только систему, но и внешние воздействия на ее, в частности, движение маршрутов городского транспорта.

Решение подобных задач проводилось и проводится во всем мире с различным успехом. Для этого использовались как аналитические исследования, так и разрабатывались имитационные модели. Примеры таких исследований приводятся во многих публикациях, например, в [1]. В нашей стране практики построения моделей такой размерности и сложности еще не было.

Постановка задачи

Основной целью работы являлась разработка программных инструментальных средств и моделей для проведения прогнозного анализа поведения и поиска «узких мест»: транспортной логистики объектов Универсиады; маршрутов ТС клиентских групп Универсиады между объектами.

Необходимо было провести имитационное исследование транспортной системы с использованием созданных программ еще до начала Игр, и выработать для дирекции универсиады, ГИБДД и мэрии практические рекомендации по ее совершенствованию.

В качестве основных задач, требующих исследования, были выбраны:

Для объектов Универсиады

1. Своевременность прибытия ТС универсиады к объекту.
2. Минимизация времени въезда ТС универсиады на территорию объекта или стоянки перед объектом.
3. Достаточность остановочных мест для прибывающих транспортных средств каждого типа на остановках перед объектом.
4. Достаточность парковочных мест для прибывающих транспортных средств каждого типа на парковках внутри объекта.
5. Проверка различных вариантов зонирования объекта на ворота, стоянки и парковки с точки зрения безопасности участников и организации транспортной схемы.
6. Своевременность убытия ТС с объекта универсиады.

Для транспортной схемы Универсиады по городу

1. Проверка правильности проложенного маршрута для каждого потока клиентской группы универсиады.

2. Нахождение требуемого количества ТС для полноценного функционирования каждого маршрута.

3. Проверка различных алгоритмов взаимодействия транспорта универсиады с городским общественным транспортом и прохождение перекрестков.

4. Анализ движения ТС в модели на электронной карте города посредством анимации.

5. Анализ загрузки участков дорог.

6. Анализ исполнимости расписаний маршрутов универсиады.

Рассмотрим подробнее технологию обслуживания ТС на объектах, реализованную в моделях. Она базировалась на принципах, изложенных в [2].

На каждый объект прибывают потоки ТС различных типов:

автобусы со спортсменами (автобусы-шаттлы, автобусы-чартеры);

автобусы СМИ (автобусы-шаттлы);

легковые автомобили и микроавтобусы, перевозящие судей, VIP персон и членов оргкомитета;

аккредитованное такси.

Для эффективного, быстрого и безопасного обслуживания ТС вся территория вокруг объекта разделена на зоны обслуживания транспортных средств по клиентским группам, на которые они и прибывают. Таких зон может быть несколько групп: остановки, заездные-выездные ворота, парковочные зоны.

Для разработки маршрутов клиентских групп в модели город был создан граф дорог, по которому можно было прокладывать маршруты. Движение ТС универсиады должно было осуществляться по выделенным полосам для общественного транспорта.

При этом был предусмотрен приоритет транспорта универсиады перед городским общественным транспортом. Т.е. городские маршруты пропускают маршруты универсиады, но по следующему алгоритму:

при выезде с очередной остановки водитель городского транспорта должен подождать и пропустить транспорт универсиады, если этот транспорт находится в зоне видимости (на текущем участке дороги);

если транспорт универсиады следует в зоне видимости (на текущем участке дороги) за общественным транспортом, то водитель общественного транспорта должен заехать в ближайший «заездной» карман и пропустить транспорт универсиады;

если транспорт универсиады следует в зоне видимости (на текущем участке дороги) за общественным транспортом и нет «заездного» кармана, то обгон совершается при въезде общественного транспорта на очередную остановку.

Архитектура приложения и работа с ним

В качестве моделирующего ядра приложения был выбран проверенный многолетней практикой успешного использования язык имитационного моделирования GPSS World [3]. Для программирования диалогов, работы с исходными данными и результатами моделирования использовался общецелевой язык программирования C#.Net и электронные карты формата Open Street Map. Все эти модели и программы были объединены в комплексное имитационное приложение

Вся работа была разделена на два этапа. На первом этапе было разработано имитационное приложение, содержащее 42 модели следующих объектов универсиады: «Деревню Универсиады», «Речной порт» и все спортивные объекты (рис. 1). Всего в эти модели вошли 50 различных объектов универсиады (в некоторых моделях присутствовало сразу по несколько близко расположенных объектов).

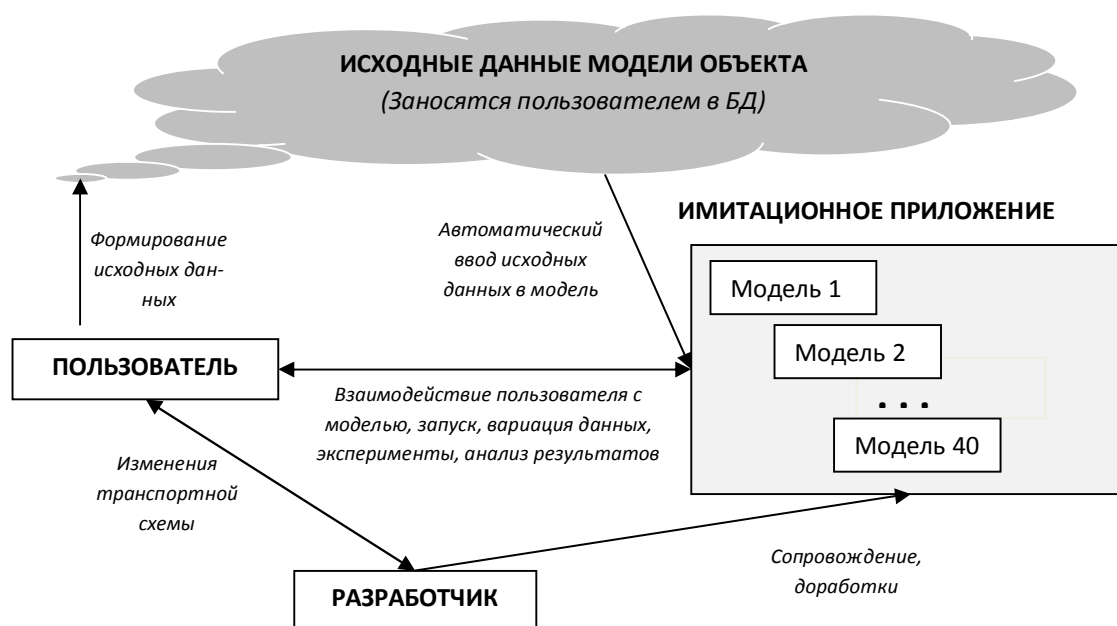


Рис. 1. Взаимодействие пользователя, имитационного приложения и разработчика при работе с моделями объектов

Все данные, которые вводятся для моделей объектов универсиады, автоматически попадают в базу данных и влияют на исходные данные моделирования движения транспорта в городе в целом.

На втором этапе была разработана модель движения клиентских групп универсиады по специальным маршрутам, которые может прокладывать непосредственно сам пользователь по улицам города, используя электронную карту. При этом в модели имеется возможность учета маршрутов общественного городского транспорта.

Для представления более полной картины транспортной организации и логистики во время Игр необходимо было далее абстрагироваться от рассмотрения конкретных объектов и рассмотреть состояние транспортной схемы города. Тем не менее исполнение модели город и моделей объектов синхронизировалось на уровне данных, как показано на рисунке 2.

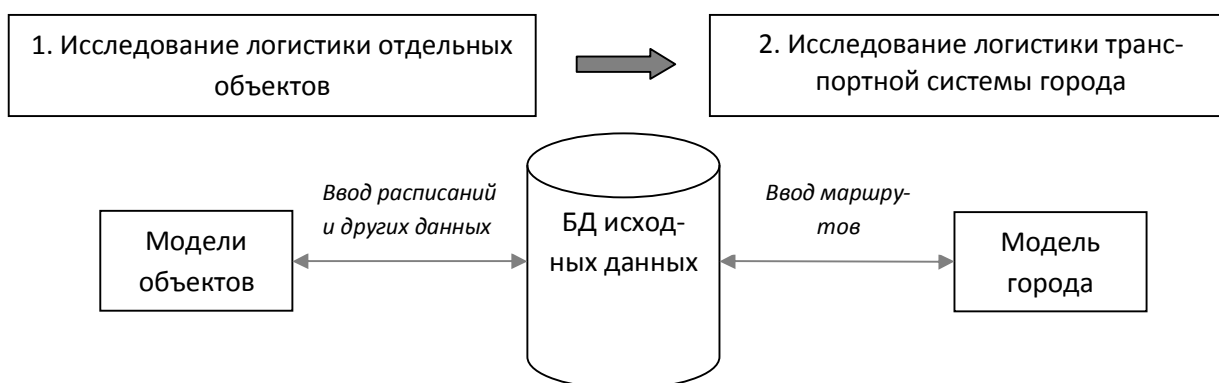


Рис. 2. Порядок работы с приложением

В итоге пользователю приложения дается полное управление всеми потоками ТС: добавление / удаление / редактирование потоков ТС клиентских групп; редактирование маршрута движения ТС с возможностью задания вспомогательных маршрутов;

указание расписания движения ТС по дням;
отключение / включение потока в определенные дни без изменения расписания
(возможность была добавлена для более гибкого планирования экспериментов).

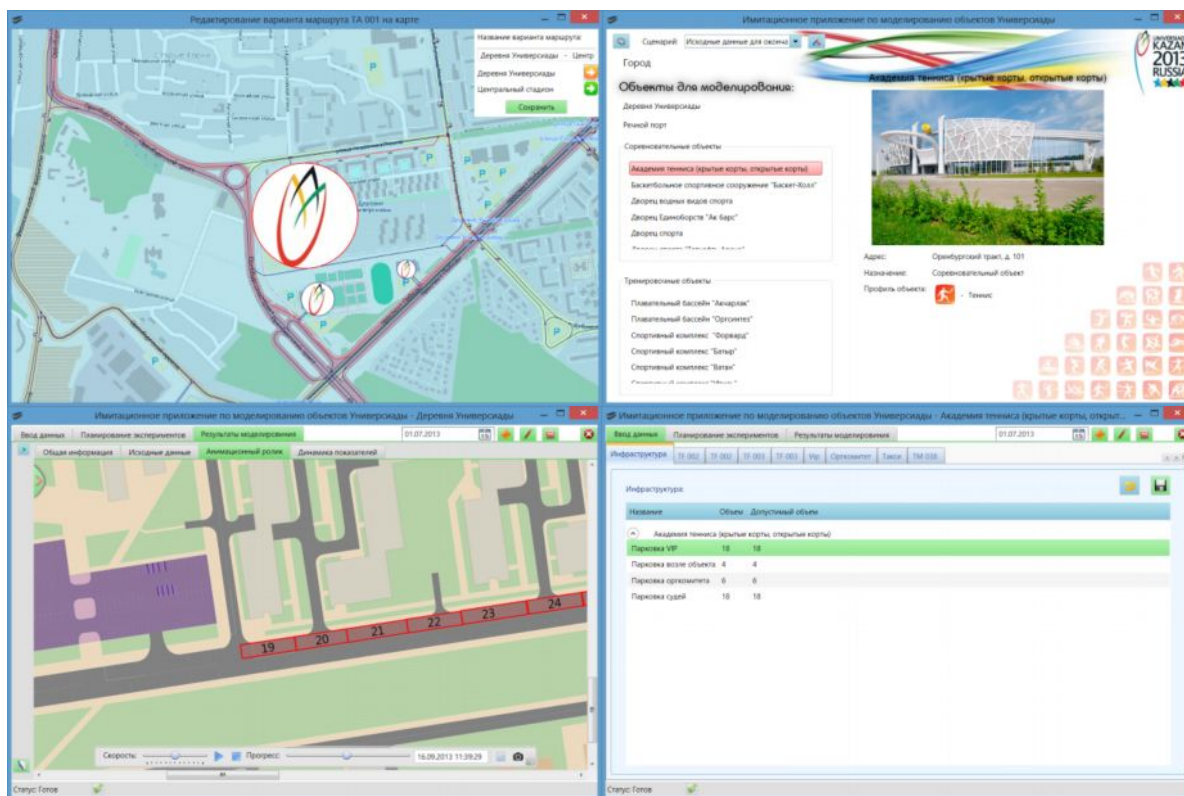


Рис. 3. Изображения интерфейса пользователя

После ввода и проверки всех данных для эксперимента необходимо провести моделирование и проанализировать полученные результаты. Для этого в приложении имеется специальная подсистема для анализа результатов, содержащая огромный массив итоговых данных эксперимента и динамики изменения основных показателей системы. В качестве результатов пользователь получает: общую информацию о модели, зафиксированный вариант исходных данных эксперимента, динамику изменения основных количественных показателей, таблицу сравнения показателей исполнения маршрута (время и отклонение от плана) с плановыми значениями и анимационный ролик движения ТС. Пример одного из диалогов подсистемы показан на рис. 4.

Более подробно работа с приложением и результаты проведенных исследований приведены в [4].

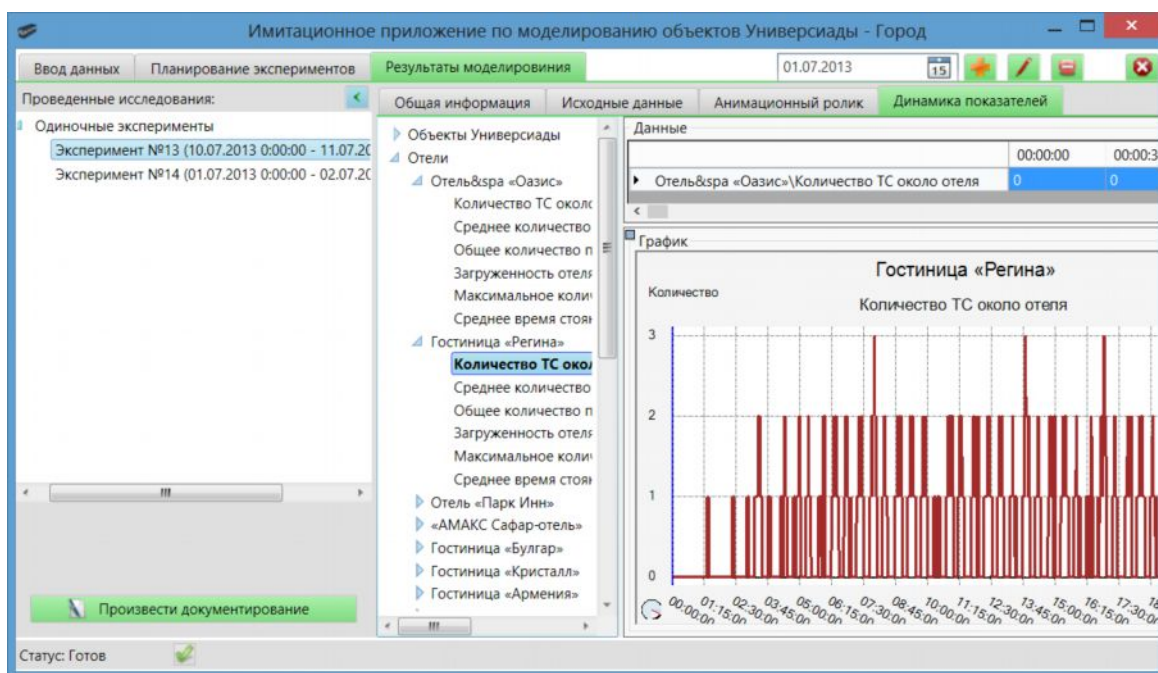


Рис. 4. Интерфейс результатов моделирования

Адекватность моделей

Данная работа была необходима для реального применения. Поэтому перед проведением исследования необходимо было убедиться в адекватности модели. Технология подготовки транспортной системы к универсиаде предполагала проведение физических (натурных) испытаний. Т.е. было несколько специальных дней, в которые полностью эмулировалась обстановка и расписание самых напряженных дней универсиады. Команды волонтеров загружались в ТС, которые передвигались по городу и по объектам в соответствии с разработанным для этого дня Игр расписанием. Натурные испытания позволили количественно сравнить их результаты с результатами имитационных экспериментов. В результате отклонение имитационных расчетов от натурных составило не более 10%, а в большинстве случаев, особенно на объектах универсиады, существенно меньше. Это говорило о высокой степени адекватности результатов моделирования и показало заказчику, что результатам наших имитационных экспериментов можно доверять.

Выводы и результаты

Практическое использование данного комплекса позволило специалистам дирекции проводить оперативное прогнозирование движения транспорта универсиады на спортивных объектах и клиентских маршрутов по городу. Результаты прогнозирования позволили откорректировать расписание движения клиентских групп и маршрутов общественного транспорта для обеспечения всех требований FISU, оценить эффективность логистической структуры объектов. В итоге были предоставлены рекомендации по управлению движением для ГИБДД и список особо загруженных участков дорог, въездов на объекты, парковки, на которых необходимо было вести постоянный мониторинг и контроль над потоками транспорта универсиады. По окончании универсиады в адрес Академии наук Республики Татарстан и нашей компании были получены благодарственное письмо и приглашение на использование нашего подхода и программных разработок для анализа транспортной логистики Олимпиады в Сочи-2014.

Литература

1. **Коршунов В. А., Фролов Е. Б.** Моделирование и оптимизация в менеджменте и логистике. – Ваш Домъ, 2009.
2. Принципы предоставления транспортных услуг на объектах XXVII Всемирной летней Универсиады 2013 года в Казани. Общие требования. – Исполнительная дирекция универсиады. – 2012.
3. Руководство пользователя по GPSS World. /Пер. с англ. под ред. Девяткова В.В. – Казань: Изд-во «Мастер Лайн» 2002. – 384 с.
4. Отчет по теме «Анализ транспортных схем объектов Универсиады и маршрутов клиентских групп работы всех маршрутов по дням Универсиады». – ООО «Элина-Компьютер», 2013. – 172 с.