

УДК 004.94

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ: МОНИТОРИНГ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Девятков В.В., Сердинская Ю.А. (Казань)

Введение

В связи с непрерывным ростом городских агломераций существенно увеличивается не только улично-дорожная сеть (УДС), но и количество транспортных средств (ТС) на ней и, следовательно, интенсивность транспортных потоков. Поэтому необходимы средства автоматизации, которые могли бы оперативно оценить состояние транспортной системы и предложить наиболее оптимальный вариант функционирования транспортной сети и управления дорожным движением, посредством регулирования работы светофоров [1].

Существует ряд методов системного анализа транспортных систем. В настоящее время одним из наиболее востребованных среди этих методов является имитационное моделирование [2]. Оно позволяет в максимально приближенном к реальной системе виде описать и учесть множество нюансов и деталей, которые невозможно учесть в аналитических моделях. Результатом работы имитационной модели является достаточно точный прогноз функционирования системы и реализация различных сценариев транспортно-дорожных ситуаций, в зависимости от изменения различных факторов, влияющих на систему – интенсивности потоков, движения ТС, параметров инфраструктуры и организации дорожного движения (ОДД) и т.д.

Чрезвычайно важным моментом для любой модели, в том числе и имитационной, является наличие значительного объема исходных данных. Так как имитационная модель является более детальной, то и исходных данных для нее требуется намного больше, чем для аналитической модели. Очень часто говорят, что модель «мертва» без наличия достоверных исходных данных. Исходные данные по инфраструктуре сети, ОДД найти и ввести в модель достаточно просто. В большинстве случаев такие данные имеются в других автоматизированных системах, используемых в ГИБДД [3]. В то же время исходные данные по интенсивности потоков собрать достаточно сложно из-за их стохастической природы и существенного колебания их значений в динамике: в зависимости от времени суток, дня недели, рабочих и выходных дней, сезона и т.д. Чем полнее и точнее будет статистика о потоках ТС, тем ближе к реальности можно построить модель, и тем более адекватными будут результаты ее работы.

Статистические данные по интенсивности ТС на всех элементах УДС – участках дорог, направлениях, полосах – для всех перекрестков можно получить из различных источников. В качестве основных для разработчика модели можно считать следующие источники:

1. Файлы, накапливаемые АСУДД в БД системы умных перекрестков (при их наличии в транспортной сети);
2. Видеофайлы, получаемые стационарными комплексами видеофиксации;
3. GPS (или ГЛОНАС) – данные с трекеров, устанавливаемых на ТС;
4. Видеофайлы, получаемые передвижными комплексами видеофиксации;
5. Данные с других перспективных средств автоматизации учета потока ТС, например, с использованием RFID меток в автомобильных номерах.
6. Ручной сбор данных по специальным методикам для данных, которые невозможно получить автоматизировано.

В различных условиях и в разных регионах доступны одновременно не все источники. Желательно для исследователя иметь возможность использовать автоматизированные источники, но в некоторых случаях приходится прибегать и к ручному сбору данных.

Основная часть

Перед авторами стояла задача разработки усовершенствованного подхода к построению моделей сегментов УДС с использованием имитационного моделирования – более простого, быстрого и с расширением размерности модели сегмента УДС (включение в нее более десяти перекрестков). А как мы говорили, для имитационной модели сегмента УДС нужно огромное количество исходных данных о потоках. Поэтому в первую очередь необходимо было понять, какие данные можно получить и реализовать технологию мониторинга, накопления и обработки статистических данных о потоках ТС в сегменте УДС.

В Казани с 2012 года последовательно и с каждым годом во все больших масштабах реализуется Автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД) с применением адаптивных методов управления [4], что существенно упростило нам работу. В качестве моделируемого сегмента УДС был взят сегмент, содержащий одиннадцать «умных перекрестков», входящих в АСУДД. Поэтому основной упор был сделан именно на этот источник данных. В АСУДД информация о текущих характеристиках транспортного потока собирается с помощью детекторов транспорта на «умных перекрестках» в рамках работы системы адаптивного управления OMNIA/UTOPIA [5] и накапливается в базе данных АСУДД с интервалом каждые пять минут. Имеется специальное API, позволяющее подключаться к БД и считывать из нее данные по необходимым перекресткам.

Таким образом, используя БД АСУДД, удалось создать хранилище информации по историческим данным за год по всем одиннадцати перекресткам в разрезе количества транспортных средств, проезжающих через выбранный перекресток, и средней скорости их движения каждые пять минут за любой период времени. Для упорядочивания этого хранилища была сконструирована и заполнена БД, которая получила название БД «Поток».

Для разработки этой БД была выбрана система управления базами данных – PostgreSQL [6]. Важнейшим аспектом СУБД PostgreSQL является то, что она представляет собой свободно распространяемое программное обеспечение, и на основе нее создан программный инструмент, включенный в Реестр отечественного программного обеспечения Минкомсвязи.

В итоге, БД «Поток» для одиннадцати перекрестков содержит более 1 000 000 записей исторических данных по всем направлениям и полосам движения в динамике через каждые 5 минут за последний календарный год, и общий объем данных превышает 3 Гб.

При создании имитационного приложения [7] на основе модели сегмента УДС был разработан специальный интерфейс по вводу исходных данных по потокам ТС. На рис. 1 приведен пример такого интерфейса для ввода данных по полосе 1 направления 1 на перекрестке «Пушкина – Тихомирнова».

Очевидно, что такой огромный массив данных является не только информационным базисом модели сегмента УДС, а также может использоваться самостоятельно для проведения общесистемного статистического анализа работы сегмента – по оценке его загрузки, расчету пропускной способности, определению характеристик возникающих очередей, для вычисления среднего времени проезда через отдельные перекрестки и через сегмент в целом.

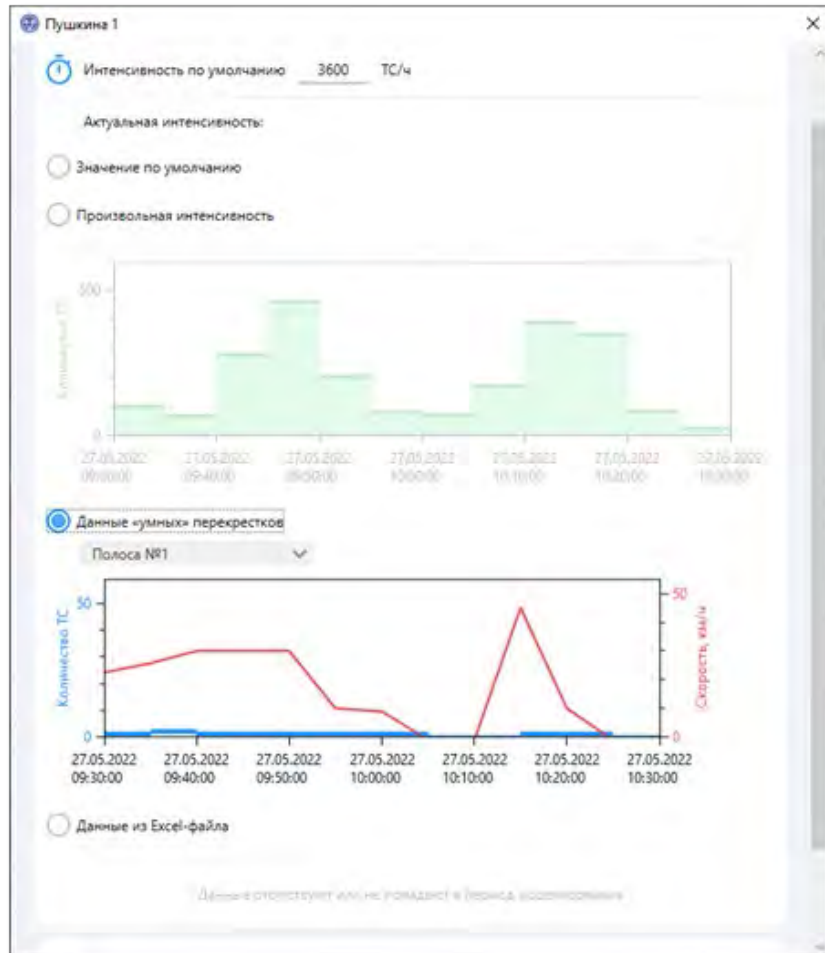


Рис. 1. Ввод данных по интенсивности ТС на «умных перекрестках»

С помощью полученных данных мы можем выявить закономерности поведения транспортных потоков в зависимости от различных аспектов и факторов – выявление пиковых периодов загрузки, определение влияния погодных факторов, расчет максимальных значений времени проезда перекрестков и т.д. Результаты такого анализа могут использоваться далее в имитационном исследовании при разработке наиболее интересных и важных сценариев возможного развития системы.

В качестве простейших примеров такого статистического анализа рассмотрим несколько сравнительных графиков, построенных на основе данных из БД «Поток».

Во-первых, изменение загруженности перекрестков. На рис. 2. представлены графики изменения среднего количества транспортных средств за апрель 2022 года и апрель 2023 года на перекрестке «Пушкина – Тихомирнова», проезжающих по перекрестку за час в течение суток.

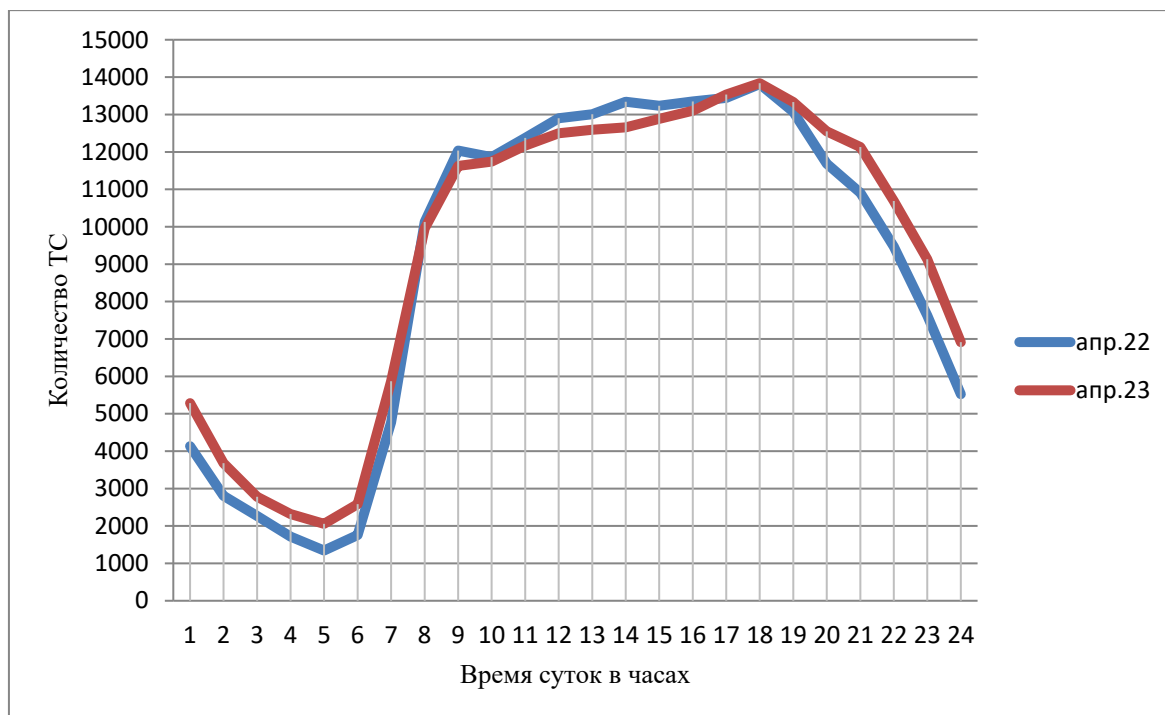


Рис. 2. Сравнение среднего количества ТС на перекрестке «Пушкина – Тихомирнова»

График показывает рост загруженности перекрестка в 2023 году, особенно в часы пик.

Во-вторых, изменение средней загруженности движения ТС на перекрестках. На рис. 3 показана такая зависимость для перекрестка улиц «Островского – Миннуллина» за 2022 год по рабочим и выходным дням в летний и зимний периоды года.

1. Среднее кол-во ТС, прибывших на перекресток за рабочий день летнего периода года.
2. Среднее кол-во ТС, прибывших на перекресток за выходной день летнего период года.
3. Среднее кол-во ТС, прибывших на перекресток за рабочий день зимнего периода года.
4. Среднее кол-во ТС, прибывших на перекресток за выходной день зимнего периода года.

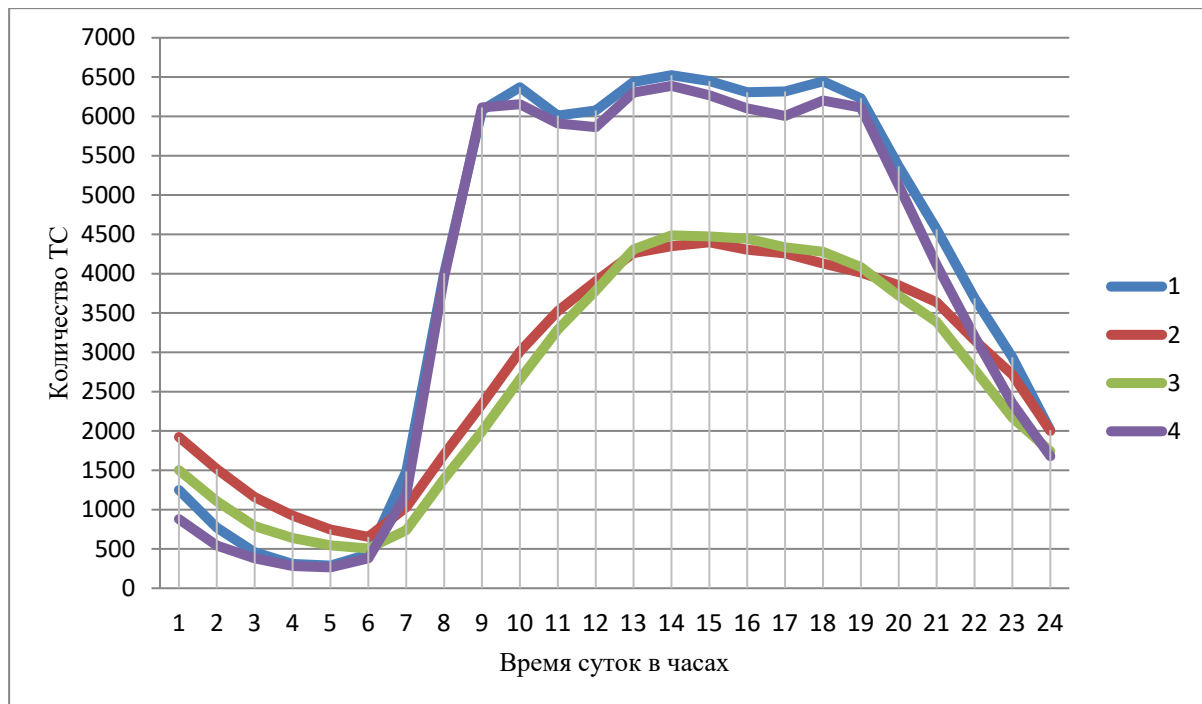


Рис. 3. Сравнение средней загруженности перекрестка по рабочим и выходным дням в зимний и летний период

В-третьих, проанализировать среднюю загруженность перекрестков. На рис. 4 показана динамика загруженности перекрестка улиц «Островского – Миннуллина» за 2022 по сезонам года.

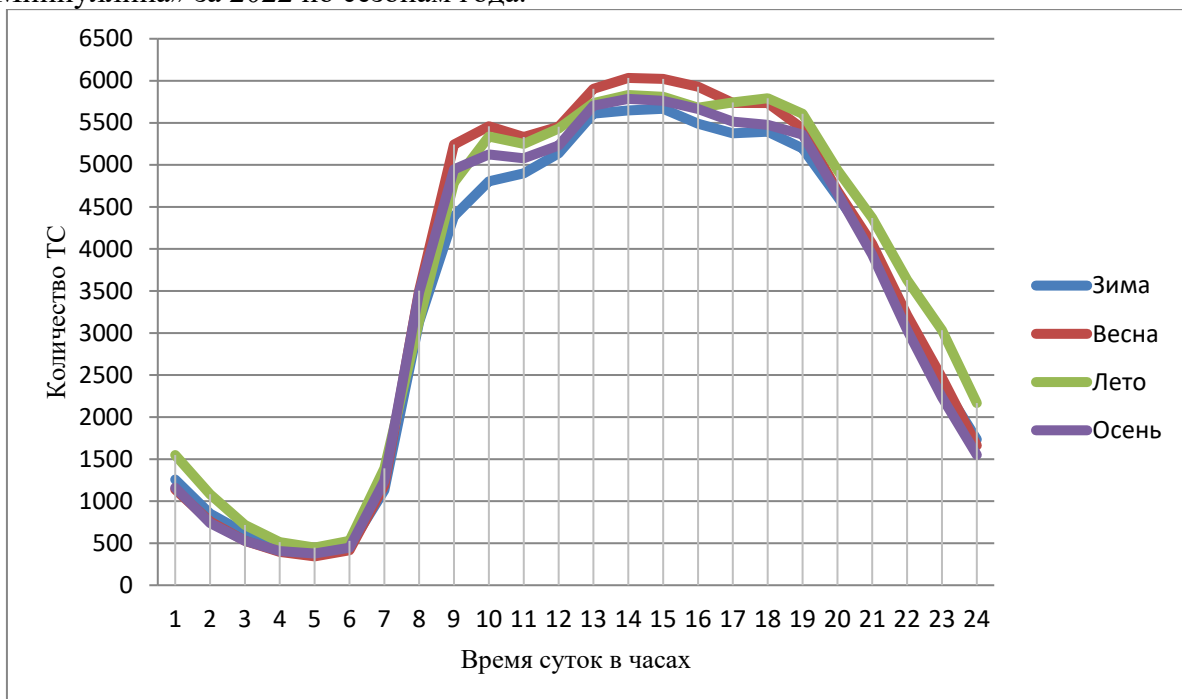


Рис. 4. Сравнение средней загруженности перекрестка по сезонам

К сожалению, данных от умных перекрестков недостаточно для полного описания модели поведения ТС и пешеходов в транспортной модели. В частности, эти данные не позволяют определить статистику об изменении направления движения транспортных средств на перекрестке (повороты, развороты и т.д.). Поэтому в БД

«Поток» предусмотрено использование данных, полученных после обработки файлов видеофиксации.

Установленные на перекрестках камеры накапливают видеофайлы. Такие камеры имеются на многих перекрестках российских городов, и это большой дополнительный ресурс по исходным данным. Для обработки видеофайлов нами разработан специализированный программный комплекс с использованием методов и алгоритмов компьютерного зрения. Обработанные программой данные автоматически передаются в БД в специальных видеоформатах.

В связи с ограничениями в использовании и обработке персональных данных для моделирования данные видеофиксации обезличиваются в виде замены реальных ТС на условные ТС, которые содержат только данные о моментах прибытия на перекресток, их количество за определенный период времени, скорость движения и тип ТС.

Заключение

Проведенная работа подтвердила высокий потенциал использования имитационного моделирования транспортных систем и важность в понимании и использовании различных методов сбора данных о потоках ТС. Можно выделить следующие тенденции и направления в развитии методики и технологии мониторинга и использования исходных данных для имитационного моделирования:

– Необходимо стремиться к полностью автоматизированному сбору данных о транспортной системе. Это повышает объективность сбора и увеличивает объемы получаемых выборок до статистически значимых.

– Наличие БД о потоках ТС позволяет системно, грамотно и точно разрабатывать сценарии исследования, определять возможные границы изменения параметров интенсивности потоков.

– Требуется дополнение источников данных о потоках новыми технологичными методами, например, использованием RFID меток, беспилотной авиации и т.д.

Литература

1. **Петров В.В.** Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах / В. В. Петров: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СиБАДИ, 2007. – 104 с.

2. **Ие О.Н.** Имитационное моделирование транспортных систем: программные средства и направления их совершенствования / О.Н. Ие. – Текст: электронный // Актуальные вопросы современной экономики. – 2020. – № 5. – С. 428-439.

3. **Вишневский В.М., Минниханов Р.Н., Барский И.В., Ларионов А.А.** Гибридная система идентификации транспортных средств // Вестник НЦБЖД. – 2022. – № 4 (54). – С. 33-41.

4. Официальный транспортный сайт города Казани (МКУ АСУДД). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://kazantransport.ru/asudd/139/> (Дата обращения: 15 августа 2023 г.).

5. **Бикмуллин А.Л.** Современные информационные технологии в управлении транспортно-логистическими системами: Международная науч.-практ. конф.: сб. тр. (Казань, 10-11 ноября 2011 г.). – Казань: Центр инновационных технологий, 2011. – 168 с.

6. **Моргунов Е.П.** PostgreSQL. Основы языка SQL: Учеб. пособие / под ред. Е. В. Рогова, П. В. Лузанова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 336 с.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611294 Российская Федерация. Единая информационная модель сегмента

улично-дорожной сети: № 2023610550: заявл. 18.01.2023: опубл. 18.01.2023 / В.В. Девятков, Т.В. Девятков, Д.Н. Маряшина, М.В. Федотов; заявитель Республика Татарстан – субъект РФ, от имени которого выступает Государственное бюджетное учреждение «Безопасность дорожного движения».