



Литература

- 1 Csatho, J.F. Multi-sensor data fusion for automatic scene interpretation / J.F. Csatho, A.F. Schenk // International archives of photogrammetry and remote sensing. – 1998. – Vol. 7. – Pp. 336–341.
- 2 Gao, J. Automatic extraction of road networks in urban areas from Ikonos imagery based on spatial reasoning [электронный ресурс] / J. Gao, L. Wu. – Режим доступа: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm3/papers/290.pdf>.
- 3 Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches / M. Hussain [et al.] // ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing. – 2013. – Vol. 80. – Pp. 81–106.
- 4 Shrivakshan, G. A comparison of various edge detection techniques used in image processing / G. Shrivakshan, C. Chandrasekar // International journal of computer science issues. – 2012. – Vol. 9, Issue 5, No. 1. – Pp. 269 – 276.
- 5 Zhang, Y. Texture-Integrated classification of urban treed areas in high-resolution color-infrared imagery // Photogrammetric engineering and remote sensing. – 2001. – Vol. 67. – Pp. 1359 – 1365.
- 6 Михеева, Т.И. Data Mining в геоинформационных технологиях // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». – 2006. – №41. – С. 96-99.
- 7 Федосеев, А.А. Кластеризация гиперспектральных данных мониторинга объектов транспортной инфраструктуры / Т.И. Михеева, А.А. Федосеев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т.16, №4(2). – С. 404–408.
- 8 Михеева Т.И., Золотовицкий А.В. Применение теории графов в задачах управления дорожным движением // Актуальные проблемы радиоэлектроники. Сер. «Вестник СГАУ». – Самара, 2003. – С. 20-24.

А.А. Осьмушин, Т.И. Михеева, О.Н. Сапрыкин

МНОГОАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В УСЛОВИЯХ НЕШТАТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва)

Задача восстановления улично-дорожной сети (УДС) после нештатных изменений (инцидентов) актуальна в связи со значительным ростом количества транспортных средств и существенным увеличением транспортных задержек [1].

При возникновении нештатного изменения необходимо выявление его характеристик с целью принятия решения о мерах реагирования. К таким мерам относятся адаптивное управление транспортными потоками в области влияния инцидента, оптимизация порядка устранения инцидентов, информирование ответственных дорожных служб и водителей транспортных средств.

Одной из задач восстановления сети от нештатных изменений является определение области влияния инцидента, т.е. подграфа УДС, на котором



инцидент вызывает существенный рост транспортных задержек. Адаптивное перераспределение транспортных потоков требуется только в области влияния нештатных изменений. Применение адаптивного управления не только в области влияния приведет к перегрузке водителей транспортных средств управляющими воздействиями, изменяющимися при малейших изменениях транспортной сети.

В основе метода определения областей влияния нештатных изменений лежит сбор и обработка статистических данных, полученных в процессе моделирования транспортных потоков города. Средством моделирования, используемым в работе, является многоагентная система моделирования транспортных потоков *MATSim* [2].

Перечень исходных данных, необходимых для моделирования:

- граф УДС населённого пункта;
- перечень точек тяготения, характеризующих места приложения труда, культурно-бытовые объекты и т.п.;
- адресный план города с количеством жителей в каждом здании;
- цепи корреспонденций для каждого агента, имитирующего реального водителя транспортного средства.

Граф УДС населённого пункта и множество точек тяготения для г. Самара экстрагируются из открытой картографической системы *OpenStreetMap* [3] с помощью следующего алгоритма:

1. Экспорт данных с сайта *openstreetmap.org*. Выборка данных ограничивается интервалом координат 53,1237 - 53,2829 северной широты и 50,0674 - 50,4224 восточной долготы в системе координат *WGS84*. Рассматриваемые границы города показаны на рисунке 1. Данные экстрагируются в формате *OSM XML*. Файл данных содержит набор точек, дуг и полигонов. Каждый объект, описанный в файле данных, является точкой, дугой или полигоном. В качестве атрибутов используются координаты и дополнительные характеристики, позволяющие сортировать объекты по типу (фрагмент УДС, здание, остановка общественного транспорта, организация и т.п.) и получать дополнительные данные об объектах (количество полос на проезжей части, максимальная разрешённая скорость движения, пропускная способность, название и тип организации и т.п.).

2. Выборка из полученного файла *OSM* данных, характеризующих УДС. На этом этапе отбираются только те объекты, которые несут информацию о графе УДС – дуги и узлы, а также их атрибутивные данные. Объекты в файле *OSM* хранятся с использованием сферической системы координат *WGS84*. Требуемая для моделирования движения в г. Самаре система координат – плоская система координат *EPSG:2651* (Пулково-95, 3-градусная зона 17). Преобразование координат осуществляется разработанным в среде *Eclipse* программным модулем, основанным на базе модуля *NetworkEditor* свободно распространяемого пакета моделирования транспортных потоков *MATSim*. Визуализация полученной модели УДС города Самара в виде карты представлена на рисунке 2.

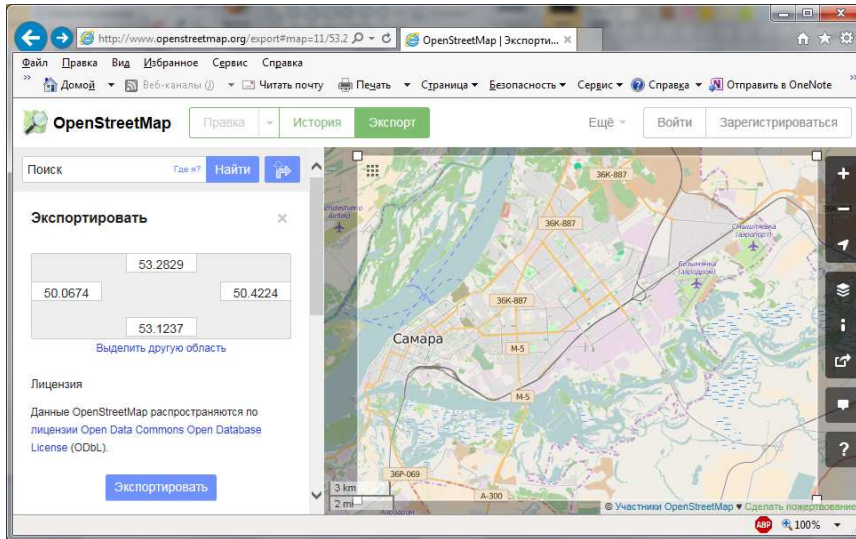


Рисунок 1. Карта OpenStreetMap.
Территория города Самара, рассматриваемая в работе

Множество точек тяготения для Самары импортируется только в границах территории, показанной на рисунке 1. Это обусловлено пренебрежительно малым количеством точек тяготения за её пределами. Источник данных о точках тяготения – описанный ранее исходный файл в формате *OSM XML*. Для выявления точек тяготения сначала производится преобразование путей и отношений, хранящихся в *OSM*, в точечные объекты с координатами центра исходных объектов. Данное преобразование производится с помощью программного модуля *osmconvert*. Строка запуска программного модуля *osmconvert samara.osm --all-to-nodes -o=samara_nodes.osm*. Фильтрация и преобразование полученных точек производится в 3 этапа. На первом этапе используется программный модуль *osmfilter*: *osmfilter samara_nodes.osm --keep-nodes="office=* || shop=* || amenity=* || leisure=* || tourism=* || landuse=industrial || landuse=farm || landuse=farmland" -o=samara_org.osm*. На втором этапе производится преобразование сферических координат в плоские аналогично преобразованию координат фрагментов УДС. Данное преобразование осуществляется разработанным программным модулем *orgCRSttransformer* в среде *Eclipse*. Третий этап производится разработанным программным модулем *TransformOrganizations* в среде *VisualStudio*. Задачей данного модуля является отсеечение точек, не являющихся точками тяготения и разбиение оставшихся точек на четыре класса – места работы, образовательные учреждения, рекреационные объекты, объекты обслуживания [4].

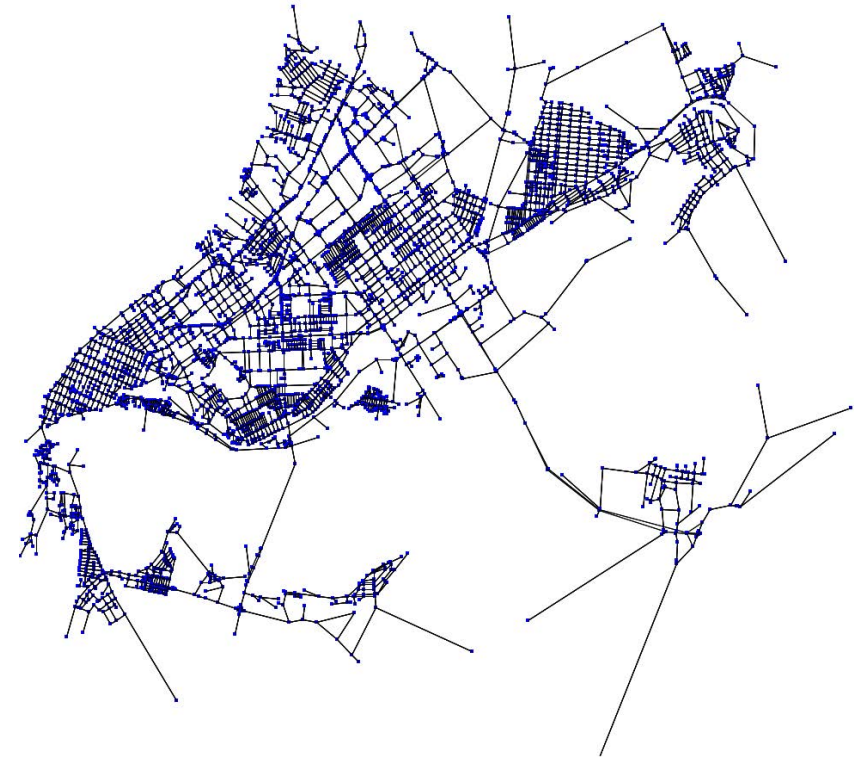


Рисунок 2. Модель УДС города Самара

Адресный план в виде перечня жилых строений с количеством жителей принимается в формате *MapInfo*. Жилые строения рассматриваются в том числе на смежных территориях, т.к. трудовые корреспонденции со смежных территорий значительны.

Перед запуском моделирования синтезируется множество агентов $A = \{a_i, i = \overline{1, N}\}$, где N приближено к количеству реальных транспортных средств, осуществляющих перемещения по рассматриваемой территории в течение дня.

Каждый синтезированный агент a_i обладает информацией о координатах места жительства $p_i^H = (x_i^H, y_i^H)$, координатах $p_{ij}^G = (x_{ij}^G, y_{ij}^G)$ и времени t_{ij}^G посещения точек тяготения [5].

Моделирование движения для сбора статистических данных проводится в 2 этапа:

1. выполнение большого количества итераций (50-1000) с задействованными алгоритмами выбора и корректировки планов на исходном графе УДС с



целью сбора данных об интенсивностях и времени проезда по всем дугам при штатно функционирующей сети;

2. выполнение одной итерации как на исходном графе УДС, так и на изменённом графе УДС с запретом всех алгоритмов выбора и корректировки планов, на основе выходных планов агентов одной из итераций 1 этапа.

При выполнении первого этапа моделирования формируется множество квазиоптимальных распределений транспортных потоков по сети. Близость таких распределений к реальному распределению транспортных потоков по УДС города обеспечивается за счёт использования первого принципа Вардроп[6].

Существование множества квазиоптимальных распределений транспортных потоков выражается отсутствием сходимости результатов первого этапа в разных итерациях к одному варианту распределения при сходимости функции средней цены проезда агентов от номера итерации. В связи с этим второй этап повторяется n раз, где n - количество рассматриваемых итераций из первого этапа. На втором этапе моделирования выявляются изменения в распределении транспортных потоков при возникновении нештатного изменения на сети.

На основе результатов n -кратного проведения 2-го этапа моделирования собираются данные, характеризующие почасовые интенсивности на всех дугах графа УДС и среднечасовое время проезда каждой дуги. На рисунке 3 представлено распределение времени проезда при штатном функционировании сети на случайно выбранных 26 дугах в среде *RStudio*. На рисунке 4 приведено распределение времени проезда по тем же дугам при нештатном изменении. Видно, что инцидент вызывает увеличение времени проезда по 18-й дуге и увеличивает интерквартильный разброс распределения данного времени.

На основе полученных данных вычисляется транспортная задержка на каждой дуге графа УДС: $T_i = t_i^{MU} - t_i^{MB}$, $i = \overline{1, N}$, где N – количество дуг графа УДС, t_i^{MB} - медиана времени проезда по i -той дуге при штатном функционировании графа, t_i^{MU} - медиана времени проезда по дуге при нештатном изменении. Найденные транспортные задержки являются основным параметром, учитываемым при кластеризации дуг графа УДС G с целью выявления области влияния нештатного изменения.

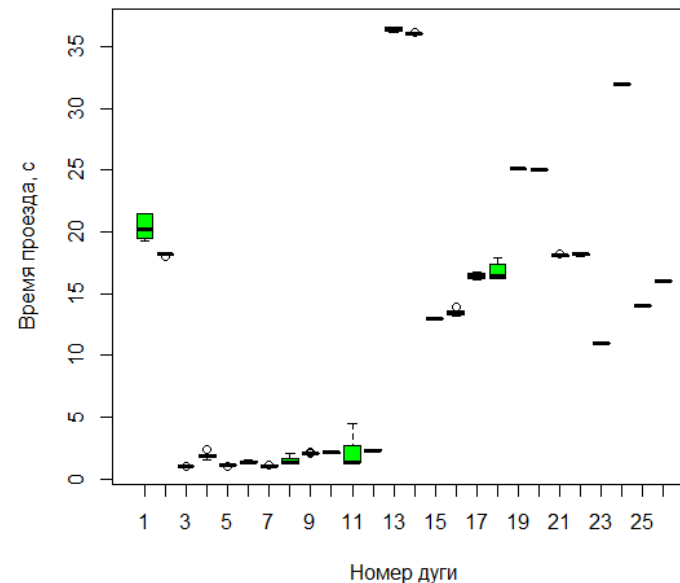


Рисунок 3. Распределение времени проезда по дугам при штатном функционировании сети

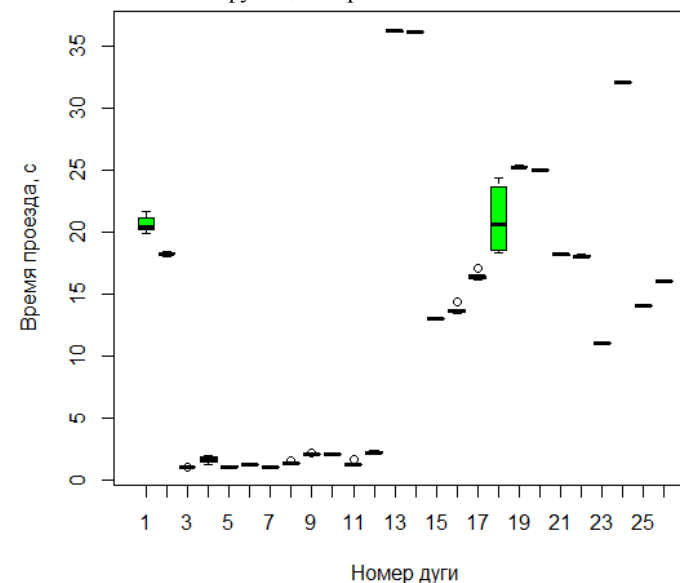


Рисунок 4. Распределение времени проезда по дугам при нештатном изменении



Литература

1. Михеева, Т.И. Управление транспортной инфраструктурой / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.Н. Сапрыкин - Самара: Интелтранс, 2015. – 173 с.
2. MATSim | Multi-Agent Transport Simulation [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.matsim.org/>.
3. OpenStreetMap [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.openstreetmap.org/>.
4. Сапрыкина О.В. Алгоритм выявления точек сгущения транспортных потоков на улично-дорожной сети в ГИС / О.В. Сапрыкина, О.Н. Сапрыкин // Самара: IT & Транспорт. 2014. – С. 122-125.
5. Сапрыкина О.В. Метод построения цепей корреспонденций для прогноза интенсивности транспортных потоков / О.В. Сапрыкина, О.Н. Сапрыкин, А.А. Осьмушин // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015) Том2: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – С. 107–110.
6. Wardrop, J. Some theoretical aspects of road traffic research / J. Wardrop // Proceedings of the Institute of Engineers, 1952. – Pp. 325-359.
7. Шмойлова Р.А. Практикум по теории статистики / Р.А. Шмойлова, В.Г. Минашкин, Н.А. Садовникова. - М.: Финансы и статистика, 2011. - 416 с.

И.А.Подьячев, Р.Ф.Маликов

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ В СРЕДЕ ANYLOGIC

(Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акумлы)

Транспортные потоки важная часть функционирования любого города, в связи с постоянным ростом количества машин проблемы оптимизации движения автомобилей на дорогах с развязками с каждым годом встают все острее и острее. Создание имитационных моделей наиболее «проблемных» дорожных участков и развязок (регулирование сложных перекрестков, анализ потока на дорожных сетях и кольцевых развязках, заторы на узких дорожных участках) должно помочь выявить оптимальные и дешевые пути решения транспортных проблем [1-5].

Для разработки научно-исследовательских имитационных моделей мы использовали среду моделирования Anylogic 7.3.1, основанной на объектно-ориентированной концепции. Данная версия среды AnyLogic имеет множество преимуществ: высокая производительность при разработке программ, широкий набор функциональных возможностей среды и языка программирования, анимационные возможности и др.



Для моделирования транспортных потоков мы использовали библиотеку дорожного движения, которая поддерживает дискретно-событийный подход моделирования. С помощью библиотеки дорожного движения в новой версии можно построить любые сложные улично-дорожные сети (УДС) и развязки, с учетом добавления парковки, автобусов и светофоров.

Нами построена имитационная модель улично-дорожной сети ул. З.Валиди для учебных целей, максимально приближенная к реальной системе, которая позволяет решать задачи по изучению формирования пробок при движении транспортного потока и на данной модели проведены предварительные исследования по оптимизации потока.

На рисунке 1 представлена модель участка улично-дорожной сети г.Уфы, построенная с помощью среды моделирования AnyLogic.

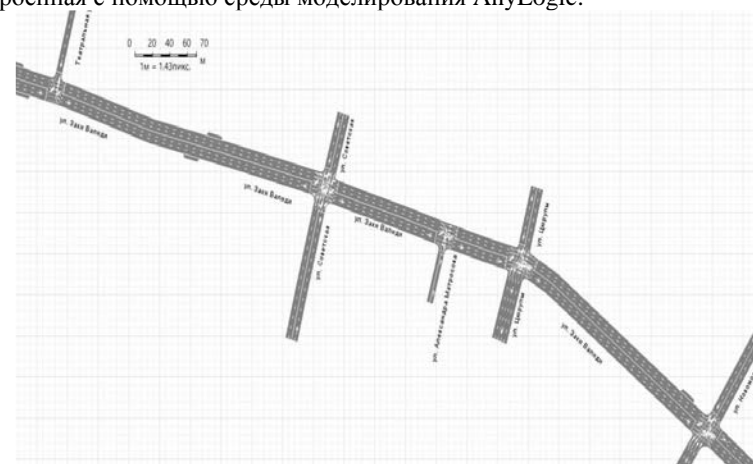


Рисунок 1. Имитационная модель участка дороги ул. З.Валиди, одного из проблемных участков в пиковые время суток в г. Уфе

Дорога построена на основе библиотеки дорожного движения. Поточковая диаграмма, показанная на рисунке 2, отвечает за движение машин.

Рассмотрим некоторые элементы данной диаграммы:

- carSource – создает автомобили и пытается поместить их в указанное место дорожной сети.
- carDispose - удаляет машины из модели.
- selectOutput – объект направляет входящих агентов в один из двух выходных портов в зависимости от выполнения заданного (детерминистического или заданного с помощью вероятностей) условия. Условие может зависеть как от агента, так и от каких-то внешних факторов.
- carMoveTo – блок, который управляет движением автомобиля. Автомобиль может ехать, только когда он находится в блоке **CarMoveTo**. Автомобиль