



вание электромагнитных помех при электромагнитном воздействии на макро-объекты // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2015. – №6. – С. 1.

6. Гизатуллин З.М. Повышение эффективности экранирования корпуса электронных средств // Технологии электромагнитной совместимости. – 2010. – №3. – С. 37-43.

7. Гизатуллин З.М. Снижение электромагнитных помех в межсоединениях многослойных печатных плат // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2012. – №2 – С. 199-205.

8. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М. Экспериментальные исследования помехоустойчивости персонального компьютера при импульсном разряде статического электричества // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2011. – №3. – С. 78-83.

9. Гизатуллин З.М. Анализ электромагнитной обстановки внутри зданий при воздействии разряда молнии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2008. - №1-2. – С. 38-47.

10. Гизатуллин З.М., Фазулянов Ф.М., Шувалов Л.Н., Гизатуллин Р.М. Целостность информации в USB флэш-накопителе при воздействии импульсного магнитного поля // Журнал Радиоэлектроники. 2015. – №8. – с. 8.

О.Н. Сапрыкин, Е.Р. Майоров, Л.А. Уварова

ВЫДЕЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ РАЙОНОВ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

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

В настоящее время процесс урбанизации во всех странах идет нарастающими темпами, что ведет к быстрому росту городов, увеличению количества жителей в них, ухудшению транспортной обстановки. Неэффективные транспортные системы городов остаются одной из главных проблем для жителей. По последним данным, из-за плохого состояния улично-дорожных сетей городов, люди в среднем тратят в пробках около трех месяцев своей жизни. Поэтому транспортной инфраструктуре требуется постоянная реконструкция для улучшения и поддержания социально-экономического состояния города [1].

Транспортная инфраструктура города является примером сложной системы, нахождение оптимального функционирования которой без применения средств автоматизации невозможно. Для решения данной задачи используют комплексы программно-аппаратных средств, включающих средства мониторинга транспортной ситуации, инструменты анализа данных и системы поддержки принятия решений. Одним из компонентов последней является система



транспортного моделирования, которая позволяет проверить целесообразность проводимых мероприятий по реконструкции на стадии их проектирования [2].

На данный момент существует множество прикладных программ, осуществляющих процесс транспортного моделирования на различных уровнях детализации – от макроскопического уровня, где рассматриваются макропараметры транспортного потока, до микроскопического уровня, где моделируется поведение отдельных транспортных средств. В процессе принятия решения могут быть востребованы модели разных уровней детализации, каждый уровень предоставляет уникальную информацию, недоступную на других уровнях. Достоинством микроскопической модели является возможность построения на ее основе моделей более высокого порядка [3]. В данной работе используется система микроскопического моделирования *SUMO* [4]. Одной из главных особенностей данной программы является точная, удобная и интуитивно понятная визуализация транспортных процессов (рисунок 1).

Главной задачей в моделировании транспортных процессов является создание модели передвижения населения по городу, которая наиболее близка к реальной ситуации. Для этого необходимо построение матриц корреспонденций, которые содержат информацию об объемах перемещений между транспортными районами города. Существует несколько моделей расчета матриц корреспонденций, многие из которых используют аналогию с физическими моделями [5]. В данной работе используется гравитационная модель, предложенная В. Рейли [6]. Идею к построению гравитационной модели дал всемирный закон тяготения. Применительно к транспортной системе, в качестве тел выступают пункты порождающие/поглощающие потоки, за массу тела принимается суммарный объем выезжающего/въезжающего потока, физическое расстояние можно заменить любыми затратами, связанными с передвижением из одного транспортного района в другой. Транспортная гравитационная модель связывает интенсивность потока T_{ij} между полным числом отправок из i -ого района Q_i и прибытий в j -ый район D_j и затратами на передвижение между зонами i и j - c_{ij}

$$T_{ij} = \frac{Q_i * D_j}{c_{ij}^2}, \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, M,$$

где N – общее количество районов отправления, M – общее количество районов прибытия. Расстояние между районами, считается как расстоянием между центрами этих районов.

Для применения гравитационной модели необходимо разделить город на транспортные районы. Для разработки первоначальной модели принято решение использовать административные районы города. В качестве исходных данных используется электронная карта города из открытого источника *OpenStreetMap* [7], экспортированная в формате *xml*. Для выделения границ районов и попавших в них участков дорог разработан программный сценарий на языке *Python* [8]. Работа с географическими объектами в разработанном сценарии ведется с помощью библиотеки *GeoPandas*, позволяющей организовать интерфейс работы с географической базой данных через язык *Python* [9].

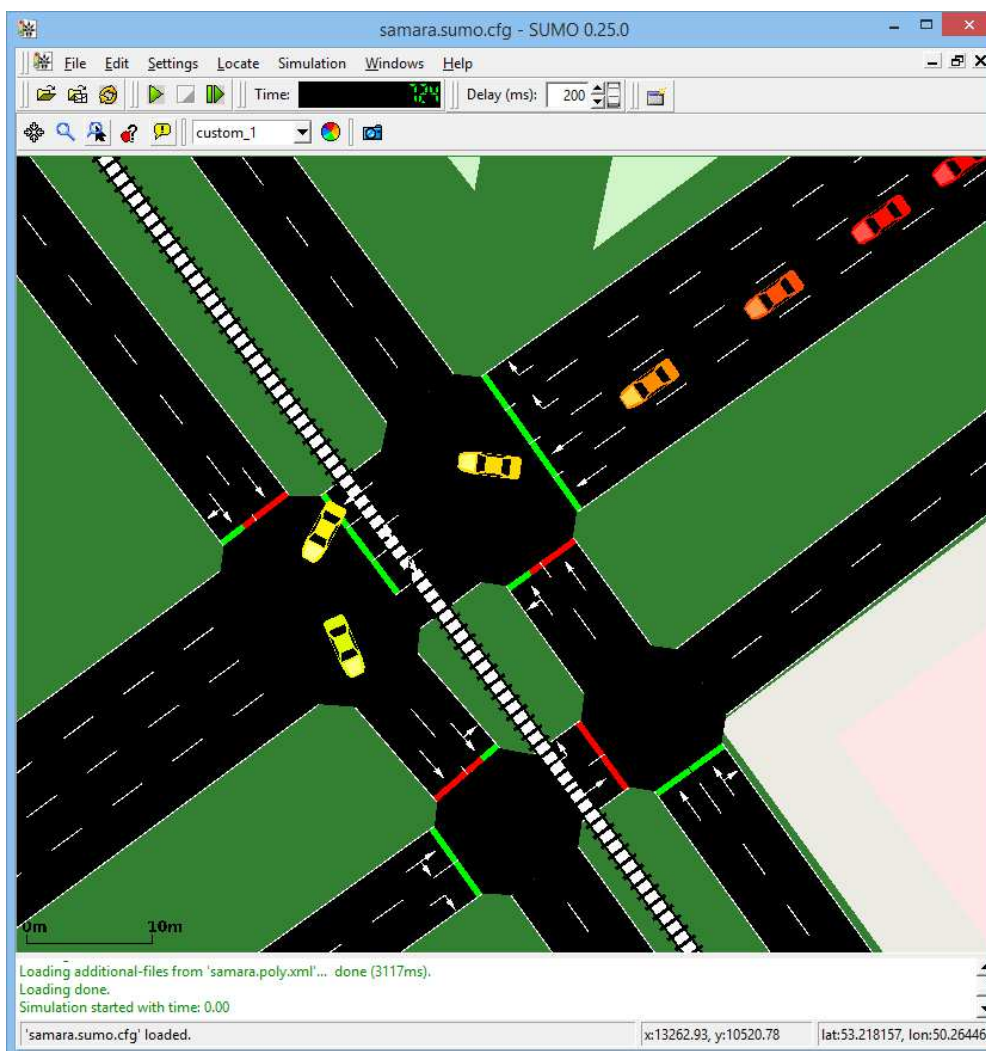


Рисунок 1. Визуализация процесса моделирования транспортных потоков.

Разработанный программный интерфейс состоит из двух таблиц, содержащих пространственные и атрибутивные характеристики объектов транспортных районов и участков дорог. Задача определения принадлежности участков дорог определенному району решалась посредством объединения таблиц по столбцу с пространственными характеристиками. Для этого используется операция *Overlay* из библиотеки *GeoPandas*, с помощью которой можно выполнять различные наложения двух пространственных таблиц и визуализировать их. Существует несколько типов этой операции: *Intersection* – выбирает из двух таблиц общие параметры; *Union* – выбирает все данные из таблиц; *SymmetricalDifference* – выбирает уникальные данные, которые встречаются лишь в одной таблице; *Difference* – выбирает данные, которые есть лишь в одной таблице без общих данных с другой таблицей. Необходимо было учесть, что при выборе района должны выделяться лишь те участки дорог, которые находятся внутри этого района, поэтому в работе выбран тип операции *Intersection*.

Выделенные транспортные районы и входящие в них участки дорог использовались при построении матрицы корреспонденций по гравитационной модели. На следующем этапе исследования планируется интеграция разработанного сценария с системой моделирования *SUMO*, которая поддерживает



программный интерфейс на языке *Python*. Разработанная интегрированная программная среда позволит вносить изменения в модель транспортных потоков без промежуточного этапа расчета цепей корреспонденций.

Литература

1. Batty M. Cities and complexity. Cambridge, MA: The MIT Press, 2005. – 589 p.
2. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография / М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 188 с.
3. Saprykin, O. Multilevel Modelling of Urban Transport Infrastructure / O. Saprykin, O. Saprykina // In Proceedings of the 1st International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS-2015). Portugal, Lisbon: SCITEPRESS, 2015. – pp. 78-82. DOI: 10.5220/0005458300780082
4. SUMO – Simulation of Urban Mobility [электронный ресурс] / www.sumo.dlr.de/
5. Wilson A. G. A statistical theory of spatial distribution models // Transportation Research. 1967. Vol. 1. P. 253-270.
6. Reilly W.J. The law of retail gravitation // New York. — 1931.
7. OpenStreetMap [электронный ресурс] / openstreetmaps.org.
8. Маккинли У. Python и анализ данных/ Пер. с англ. Слинкин А. А. - М.: ДМК Пресс, 2015. - 482 с.
9. GeoPandas [электронный ресурс] <http://geopandas.org>

В.В. Солдаткин

РАЗРАБОТКА И ТРУБНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦА БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ ВЕРТОЛЕТА В УСЛОВИЯХ ВОЗМУЩЕНИЙ ВИХРЕВОЙ КОЛОННЫ НЕСУЩЕГО ВИНТА

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)

Измерение воздушных сигналов вертолета затрудняется аэродинамическими искажениями, вносимыми индуктивными потоками несущего винта, особенно в области малых скоростей полета, когда фюзеляж и установленные на нем приемники аэротрической информации находятся в створе вихревой колонны несущего винта. При этом пространственный характер потока, воспринимаемого аэротрическими приемниками, а также способностью вертолета совершать движения вперед – назад, вправо – влево, полет на режиме висения ограничивают использование традиционных для самолетов средств измерения воздушных сигналов [1, 2].

Одним из направлений расширения нижней границы рабочих скоростей полета и диапазона измерения угла скольжения является построение системы воздушных сигналов вертолета на основе датчика первичной информации в виде не-