

Разработка микроскопической модели транспортных потоков города в системе SUMO

Е.Р. Майоров¹, И.Р. Лудан¹, Д.Д. Мотга¹, О.Н. Сапрыкин¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

Аннотация. В связи с ростом числа проживающих в городе людей возникают изменения, оказывающие влияние на социально-экономические процессы города и порождающие тем самым ряд транспортных и экономических проблем. Для их решения используются различные системы моделирования. В статье описывается метод использования имитационного моделирования применительно к транспортным процессам города. Для создания имитационной модели необходимо разделить город на транспортные районы, создать матрицу корреспонденций, а также составить цепи корреспонденций. После объединения всех полученных данных появляется возможность получения модели транспортных потоков города, которая будет приближена к реальной настолько, насколько это позволяют введенные в систему моделирования данные.

1. Введение

Условиям современной жизни характерен рост уровня благосостояния населения, количества городских жителей а также расширение городских площадей и развитие инфраструктуры [9], что ведет к постоянному росту уровня автомобилизации. Неоптимальные транспортные системы городов являются одной из главных проблем для жителей. Из-за плохого состояния городских дорожных сетей люди в среднем проводят в пробках около 3 месяцев своей жизни. Этот факт заставляет обратить внимание на проблему несовершенства городских транспортных сетей. Поэтому в городах проводится реконструкция улично-дорожной сети [3] с целью улучшения социально-экономического положения в городе и стране в целом.

В настоящее время существует проблема изучения транспортной системы города без использования автоматизированных средств, это связано с увеличением площади городских агломераций, а так же необходимостью расчета транспортных корреспонденций в них. Для этого используются различные системы транспортного моделирования, такие как: T7F/TSIS, SUMO, TRANSYT, VISUM, MATsim. Эти прикладные программы позволяют проверить целесообразность создание новых дорог, пешеходных переходов и т.д. без особых экономических и временных затрат.

При создании имитационной модели [5] улично-дорожной сети города возникает несколько важных задач [2]: составление матрицы корреспонденции, создание транспортных районов города, получение информации о жителях, которая необходима для составления наиболее точной модели транспортной и дорожной сети города.

2. Имитационное моделирование транспортных потоков

Основной целью работы являлось создание универсального метода, который подойдет для моделирования транспортных процессов любого города в системе SUMO (Simulation of Urban Mobility) 'рисунок 1'. Первым шагом метода является получение карты города. Наиболее доступным источником является ресурс OpenStreetMap (OSM), предоставляющий электронную карту на свободных условиях. Более того имеется большое число программных утилит обработки геоинформационной [4] информации в формате OSM.

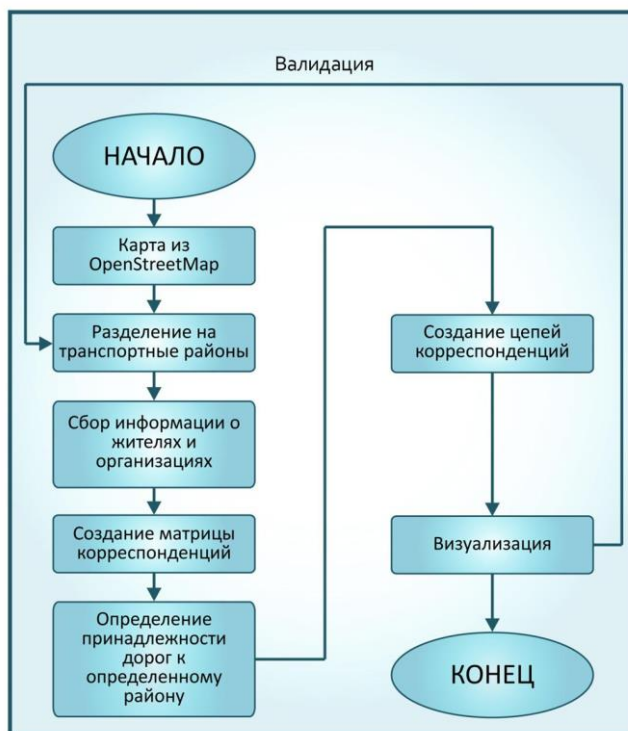


Рисунок 1. Метод построения цепей корреспонденций.

Далее выполняется расчет точек притяжения города с использованием библиотеки OSMnx для языка программирования Python [6]. Данная библиотека позволяет обрабатывать и визуализировать геоинформационные данные города, загружая их непосредственно с web-ресурса OpenStreetMap.

Второй шаг метода - разделение города на транспортные районы 'рисунок 2'. Для реализации этого шага была использована библиотека GeoPandas для Python. Эта библиотека позволяет выполнять различные манипуляции с геоинформационной базой данных, которая содержит таблицы как с географической информацией, так и с атрибутивной: названия улиц, районов, дорог и т.д.

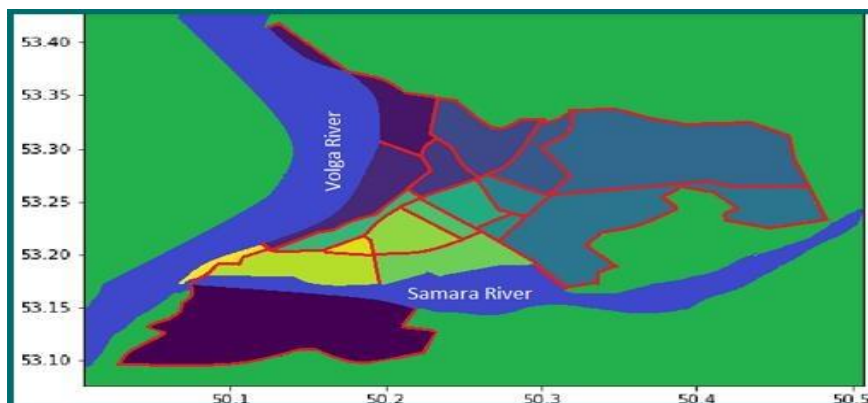


Рисунок 2. Деление города на транспортные районы.

После получения базы данных с координатами дорог и районов определяется принадлежность дорог к определенному району. Это третий шаг разрабатываемого метода. В библиотеке GeoPandas есть специальная операция "overlay", которая позволяет выполнять различные объединения двух пространственных таблиц по пространственным характеристикам. В данном исследовании при помощи операции "overlay" объединяются районы и дороги. Результатом этого шага является файл, содержащий общие данные о принадлежности всех городских дорог к определенному транспортному району.

Следующий шаг - обработка полученных данных в утилитах OD2TRIPS и DUAROUTER, входящих в состав системы моделирования SUMO. Эти программы позволяют производить наиболее приближенное к реальной ситуации распределение цепей корреспонденций агентов в модели согласно матрице корреспонденций. OD2TRIPS позволяет определять начальную и конечную точки пути [10], но не имеет возможности компилировать маршрут по реальным дорогам. Другими словами, программа OD2TRIPS создает начальную точку движения агента и конечную точку его пути. В свою очередь, программа DUAROUTER служит для составления маршрута по улично-дорожной сети города. Эти программы дополняют друг друга и создают модель перемещения агентов по городу.

Завершающим этапом метода является ввод всех полученных данных в программу SUMO-GUI для визуализации процесса моделирования.

3. Применение гравитационной модели

Для построения матрицы корреспонденций использовалась гравитационная модель [7]. Это связано с тем, что данная модель достаточно точно описывает транспортные потоки города [1]. Гравитационная модель связывает интенсивность потока T_{ij} между общим количеством отправок из i -го района Q_i и прибытием в j -й район D_j и затраты на передвижение между районами i и j c_{ij}

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

где N - общее количество районов отправления, M - общее количество районов прибытия. В данной модели расстояние между районами рассматривается как расстояние между центрами этих районов. Для визуализации полученная матрица окрашивалась в характерные цвета 'рисунок 3'. Чем меньше интенсивность между двумя транспортными районами, тем цвет матричной ячейки ближе к красному, и наоборот, чем выше интенсивность, тем ближе к зеленому.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0	1294,67	698,21	402,37	1158,95	1025,59	635,83	537,59	458,94	383,16	1052,83	857,82	863,24	810,03	754,59	612,58	322,53	164,85
2	1235,82	0	1358,4	753,27	741,53	994,8	752,51	626,02	499,02	399,01	744,9	515,82	534,16	743,52	267,29	223,63	379,85	126,27
3	761,53	1207,08	0	1142,21	594,14	736,81	692,58	869,53	561,96	652,61	636,16	456,91	514,4	500,07	378,41	327,86	275,37	116,05
4	471,07	878,31	1181,92	0	438,2	582,35	402,33	617,91	520,22	792,73	434,83	482,52	364,21	361,06	214,56	195,51	155,7	88,42
5	1381,36	760,02	754,73	472,11	0	1148,82	780,52	496,62	467,53	401,81	1043,59	321,23	756,72	764,16	878,12	412,43	349,84	186,85
6	1215,08	1327,68	879,42	510,04	956,31	0	974,59	526,06	513,92	447,9	958,23	811,04	765,41	805,21	466,08	403,66	302,15	251,85
7	913,41	811,24	910,05	529,23	835,72	1053,33	0	915,72	952,3	775,59	885,41	742,91	671,84	636,42	386,5	306,42	348,93	231,14
8	545,89	923,71	1069,41	532,61	712,51	823,5	932,02	0	1142,91	896,51	867,5	629,66	492,51	501,52	396,26	315,27	367,85	225,8
9	467,32	612,04	743,56	478,18	683,62	692,83	895,21	962,61	0	977,95	800,51	487,72	395,01	583,24	234,95	322,06	552,9	273,36
10	231,76	514,67	701,9	883,64	503,3	471,92	731,5	847,26	1022,04	0	613,72	419,5	476,41	517,68	303,65	312,64	752,82	229,05
11	1142,58	572,92	634,68	351,5	985,68	853,84	827,83	524,81	374,21	421,26	0	1101,49	1123,82	1152,05	974,16	408,68	711,94	477,17
12	945,27	492,61	473,31	314,94	830,58	732,59	642,56	471,01	386,64	448,51	1003,15	0	1267,84	994,73	866,01	1062,69	879,16	587,82
13	852,02	578,02	512,58	338,02	813,05	788,02	662,93	480,66	412,23	456,02	1192,84	1252,6	0	1215,93	862,15	1023,6	1105,8	502,66
14	821,63	732,16	526,93	392,51	752,33	807,49	673,85	509,41	562,69	528,91	1082,52	1017,8	1178,41	0	732,95	963,73	986,23	456,81
15	1078,41	251,5	379,2	251,55	863,25	459,22	407,25	393,19	276,23	310,62	923,68	842,23	926,07	782,16	0	1092,85	812,34	683,86
16	630,86	213,92	338,56	179,41	438,62	409,31	349,2	327,02	332,9	421,95	998,5	975,18	944,11	834,83	1154,65	0	1023,85	912,05
17	315,12	397,41	243,03	141,52	368,96	331,83	358,51	380,41	502,73	793,66	712,51	866,81	1020,4	956,71	834,63	1064,68	0	870,51
18	179,63	115,05	108,97	85,57	193,82	210,93	202,49	244,51	274,63	230,6	469,48	576,26	512,49	477,25	647,75	893,58	883,92	0

Рисунок 3. Матрица корреспонденций.

4. Результаты

В ходе исследования были получены данные о количестве жителей транспортных районов, определены критерии деления города на районы [8]. В итоге был разработан метод построения цепей корреспонденции. После использования созданного метода построения цепей

корреспонденции и ввода всех данных в программу SUMO можно начать работать с моделью транспортных процессов города. Применение этого метода возможно для любого города, при условии получения данных о транспортных районах города и их жителей, что делает его универсальным.

5. Анализ результатов

На данный момент у созданной модели города есть определенные недостатки. Интенсивность транспортных потоков модели не соответствует фактическим данным. Это связано с тем, что некоторые дороги не используются агентами в модели. Большинство агентов движутся по Московскому и Заводскому шоссе, игнорируя дороги, которые не менее популярны в реальной жизни, такие как Ново-Садовая или Кировская. Существует также проблема появления новых агентов посреди дороги, в то время как они должны появляться вблизи жилых зданий.

Но, несмотря на все недостатки, перечисленные выше, метод построения цепей корреспонденции полностью работает. Даже сегодня его можно использовать для создания модели транспортных процессов в других городах. Преимущество этой модели заключается в том, что для создания цепей корреспонденции необходимо иметь минимум исходных данных: информация о транспортных районах и жителях этих районов.

6. Заключение

В процессе исследования был разработан универсальный метод создания цепей корреспонденций и метод создания матрицы корреспонденции. Изучались различные методы получения информации о жителях города, типы матриц корреспонденций. Был разработан код на языке программирования Python для деления города на транспортные районы и присваивание дорог к полученным районам.

Следующие задачи исследования: коррекция карты города и ее актуализация, сравнение данных, полученных в симуляции с реальными данными, уменьшение транспортных районов, получение дополнительной информации о жителях и организациях города, уточнение матрицы корреспонденций. На данный момент карта города Самары не достаточно точная. В связи с реконструкцией дорожной сети города некоторые из дорог больше не существуют или используются по-разному, то есть на некоторых дорогах изменилось количество полос движения, цикл светофора и дорожная разметка.

Следующая задача - уменьшение размеров транспортных районов. Это объясняется зависимостью, при которой уменьшение размеров транспортных районов приводит к увеличению данных в матрицы корреспонденции и, следовательно, к улучшению точности моделирования. Последняя задача заключается в разработке метода получения информации о городских организациях и уточнение информации о жителях.

7. Литература

- [1] Гасников, А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / А.В. Гасников, С.Л. Кленов, Е.А. Нурминский, Я.А. Холодов, Н.Б. Шамрай // МФТИ, 2010.
- [2] Майоров, Е.Р. Расчет параметров микромоделей транспортных потоков города Самара / Е.Р. Майоров, Л.А. Уварова, О.Н. Сапрыкин // Proceedings of the 5th International Conference Information Technologies For Intelligent Decision Making Support (ITIDS), Уфа, 2017. – С. 156-160.
- [3] Михайлов, А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
- [4] Михеева, Т.И. Построение геоинформационной математической модели транспортной инфраструктуры / Т.И. Михеева, О.Н. Сапрыкин, О.В. Сапрыкина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 4(2). – С. 409-412.
- [5] Якимов, М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография. – М.: Логос, 2013. – 188 с.
- [6] McKinley, W. Python for Data Analysis. – O'Reilly Media, 2012.

- [7] Reilly, W.J. The law of retail gravitation. – New York, 1931.
- [8] Martinez, L.M. A traffic analysis zone definition: a new methodology and algorithm / L.M. Martinez, J.M. Viegas, E.A. Silva // Springer Science+Business Media, LLC, 2009.
- [9] Saprykin, O. Validation of Transport Infrastructure Changes via Microscopic Simulation: A Case Study for the City of Samara, Russia / O. Saprykin, O. Saprykina // Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), Italy, 2017. – P. 788-793.
- [10] Simini, F. A universal model for mobility and migration patterns. – Macmillan Publishers Limited, 2012.

The creation of the city traffic flows microscopic model based on SUMO simulation system

E.R. Maiorov¹, I.R. Ludan¹, J.D. Motta¹, O.N. Saprykin¹

¹Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

Abstract. Due to the increase of the city's residents number, there is a change of socio-economic processes, both in the city and in the state as a whole. To solve these problems, simulation systems are usually used. The paper describes workflow for creation of simulation modeling of transport processes in the city. To create this model, it is necessary to divide the city into transport areas, create an origin-destination matrix and build a chain of actions. After combining all elements, we get a model of traffic flows in the city as close as possible to real parameters.