

УДК 656.021

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

И. Н. Батищев, А. С. Бодров, Д. О. Ломакин, А. В. Мосин

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева»

e-mail: bodrov57@gmail.com

Для поиска эффективных стратегий управления транспортными потоками, нахождения оптимальных решений при проектировании или реконструкции улично-дорожной сети (УДС), инженерных сооружений на ней и организации дорожного движения приходится учитывать очень широкий спектр характеристик транспортных потоков, определяемых как внутренними, так и внешними факторами [1]. Быстрый рост парка транспортных средств (ТС), наблюдающийся в последнее время в большинстве городов России, привел к увеличению нагрузки на существующую УДС городов, частым транспортным заторам, увеличению потерь времени ТС на перекрестках, а как следствие – к увеличению себестоимости автомобильных перевозок, росту числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Наиболее очевидным и кардинальным решением проблемы перегруженности УДС городов является строительство новых и реконструкция существующих объектов дорожной инфраструктуры: реконструкция наиболее загруженных участков УДС, строительство многоуровневых развязок и обходов наиболее насыщенных городских зон в целях отвода из них транзитных потоков и т. п. Однако, подобные решения обладают высокой капиталоемкостью и требуют значительных затрат времени. Поэтому одним из вариантов решения проблемы является рациональное использование существующей УДС.

В масштабе городской агломерации, как правило, требуется решение задач и получение ответов на следующие вопросы [1]: как изменится функционирование городской транспортной системы при изменении внешних транспортных связей; как изменится работа транспортной системы при введении в эксплуатацию новых элементов УДС; каких изменений в транспортной системе города может потребовать строительство нового жилого района или расположение емкого центра тяготения при сохранении транспортных условий на сети; какого перераспределения потоков транспорта и пассажиров следует ожидать в случае временного закрытия или ликвидации какого-либо элемента транспортной системы; каким образом отразится на работе транспортной системы введе-

ние различного рода ограничений на передвижение по городской территории (платный проезд по магистрали, за въезд в тот или иной район, введение зонального тарифа на общественном транспорте и т. п.); какой эффект может дать развитие автоматизированных систем управления дорожным движением и др.

На локальном уровне требуется решение задач, отвечающих на следующие вопросы: какой эффект даст та или иная модернизация элемента УДС; как изменение в организации движения может повлиять на пропускную способность узла или группы узлов.

Важнейшая цель транспортного моделирования – составление объективных прогнозов транспортной ситуации в зависимости от внешних (социально-экономических, демографических, природно-климатических) и внутренних (развитие сетей, транспортных систем, подвижного состава и т. п.) изменений, анализ и подготовка рекомендаций для инвестиционных проектов в области инфраструктуры.

Следствием трудности формализации транспортных потоков является определенный дисбаланс между результатами научных исследований и математическими расчетами, с одной стороны, и практически наблюдаемыми результатами – с другой. Отсюда наличие различных подходов к математическому моделированию и достаточно большое количество программных продуктов, моделирующих транспортные потоки.

Наиболее популярной классификацией транспортных моделей является классификация по уровню детализации транспортного потока. На настоящий момент можно выделить три основных подхода к моделированию транспортных потоков: макро моделирование; мезомоделирование; микро моделирование.

Достоинства и недостатки описанных выше подходов к моделированию транспортных потоков представлены в таблице 1 [5].

Макроскопические модели описывают движение транспортных средств как физического потока на высоком уровне агрегирования (изучаются характеристики потока – плотность, средняя скорость, интенсивность) без учета его составных частей (транспортных средств). Макроскопические симуляционные модели: BTS, FREQ12, KRONOS, METACOR/METANET, NETCELL, PASSER II-02, PASSER III-98, PASSER IV-96, SATURN, TRAF-CORFLO, TRANSYT-7F, VISTA.

Мезоскопические модели находятся на среднем уровне детализации. Они описывают автомобили на высоком уровне детализации (как в микро моделировании), а их поведение и взаимодействие – на низком уровне (как в макро моделировании). Мезомоделирование позволяет моделировать дорожную сеть и

движение автомобилей почти с таким же уровнем детализации, как и микромоделирование. Мезоскопические симуляционные модели: CONTRAM, DYNAMIT-P, DYNAMIT-X, DYNASMART-P, DYNASMART-X, MesoTS.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки подходов к моделированию транспортных потоков

№ п/п	Наименование подхода	Достоинства подхода	Недостатки подхода
1	Макромоделирование	Невысокие требования к ЭВМ; высокая скорость расчетов	Получаемые выходные характеристики имеют обобщенный характер; результаты носят статический характер; для определения ряда входных данных, требуется проведение дополнительных исследований.
2	Мезомоделирование	Точность оценки выше, чем в макромоделировании; затраты ресурсов ниже, чем в микромоделировании.	Недостаточно развито теоретическое обеспечение; недостаточно развито программное обеспечение.
3	Микромоделирование	Высокая точность полученных результатов	Большие затраты ресурсов на построение микроскопических моделей; необходимо множество прогонов модели для получения достоверной статистической информации; большой объем входных данных; необходимость в разбиении входных данных; необходимость калибровки большого числа параметров микроскопической модели; высокая чувствительность модели к ошибкам в исходных данных; необходимость использования дорогостоящего ПО

Микроскопические модели в деталях описывают поведение и взаимодействие отдельных автомобилей, создающих транспортный поток. В микромоделировании каждый автомобиль задается индивидуально, описывается взаимодействие автомобилей друг с другом и с дорожной сетью. Как правило, характер поведения автомобиля описывается с помощью правил, которые определяют, когда автомобиль ускоряется, замедляет скорость, перестраивается в другой ряд, а также когда и как автомобиль выбирает и меняет свой маршрут следования. Микроскопические симуляционные модели: AIMSUN2, ANATOLL, AUTOBAN, CASIMIR, CORSIM/TSIS, DRACULA, FLEXSYT-II, HIPERTRANS, HUTSIM, INTEGRATION, MELROSE, MicroSim, MICSTRAN, MITSIM, MIXIC, NEMIS, PADSIM, PARAMICS, PHAROS, PLANSIM-T, ROADSIM, SHIVA, SIGSIM, SIMDAC, SIMNET, SimTraffic, SISTM, SITRAB+, SITRAS, SmartPATH, TEXAS, TRANSIMS, TRARR, TWOPAS, VISSIM, WATSim.

Как видно из проведенного анализа, микроскопические симуляционные

модели наиболее широко представлены на рынке программных продуктов, хотя сам подход имеет больше недостатков, чем другие. Это объясняется, скорее всего, существенным достоинством микроскопического моделирования, а именно высокой точностью полученных результатов.

Рассмотрим пример использования системы динамического моделирования VISSIM при поиске решений по реконструкции участка УДС г. Орла (пересечение ул. Алроса и ул. Мостовая). Первоначальным этапом было создание участка УДС с помощью графической основы, в качестве которой использовался поисково-информационный сервис «Яндекс. Карты». После того, как план местности привели в соответствующий для создания сети VISSIM масштаб, задавали отрезки.

Следующий этап моделирования это создание входящих потоков ТС и пешеходов. Прежде чем создавать транспортные потоки, необходимо в программной среде определить типы транспортных средств. Как правило, определяется несколько составов транспортного потока (в случае рассматриваемого участка УДС это легковые, грузовые автомобили и автобусы). Состав транспортного потока представлен списком типов транспортных средств, каждому типу транспортного средства задана относительная нагрузка, а также распределение желаемой скорости. Потоки пешеходов также определялись как состав транспортного потока. В PTV VISSIM могут определяться и редактироваться изменяемые во времени входящие потоки транспорта для всех типов транспортных средств.



Рисунок 1 – Построение отрезков в PTV VISSIM

Маршрут в PTV VISSIM – это фиксированная последовательность отрезков и соединяющих отрезков между решением маршрута (красное место старта) как минимум одним местом цели (зеленое место). От одного места решения маршрута маршруты ведут, как правило, к нескольким местам цели; т. е. отдельные маршруты разветвляются от него древообразно. Маршруты могут иметь любую длину и

использоваться как для возможности поворота у отдельного узла, так и в нескольких транспортных узлах. Решение маршрутов касается только тех транспортных средств, которые относятся к одному выбранному классу, если эти транспортные средства еще не имеют никакой другой информации о маршрутах. Транспортное средство, которое уже находится на маршруте, может воспринимать новую информацию о маршруте только после того, как оно пересекает место цели своего маршрута (исключение: частичные маршруты и маршруты к автостоянкам).

В цикле имитации каждое транспортное средство, которое проезжает место решения маршрута (и которому до этого еще не был присвоен маршрут), получает предназначенный ему для проезда маршрут. Выбор одного из нескольких маршрутов в определенном месте решения маршрута происходит по методу Монте-Карло, пропорционально заданным относительным нагрузкам. Транспортное средство, которое следует по определенному маршруту, пытается самостоятельно перестроиться на отрезках с несколькими полосами движения в соответствии со значением «перестроение» (по стандарту 200 м) таким образом, чтобы при достижении соединяющего отрезка уже находится в нужной полосе. Длинные отрезки перед соединяющими отрезками позволяют транспортным средствам своевременное перестроение в нужную полосу (предварительная сортировка). В неблагоприятных случаях, например, если был выбран слишком короткий отрезок, на котором многим транспортным средствам необходимо осуществить смену полосы, может получиться так, что будет слишком много перестроений, и это будет приводить к задержкам в дорожном движении, которые в реальности в таком количестве не существуют. Если маршруты определяются для многополосных отрезков, то решение маршрута должно быть определено достаточно далеко перед точкой, в которой маршруты разделяются. Это помогает избегать появления нереальных заторов, которые возникают в результате того, что в месте решений всем транспортным средствам (а не только части транспортных средств) присваивается какой-то маршрут.

Конфликтные зоны являются элементом сети, влияющим на конфликты между транспортными средствами на двух перекрывающихся отрезках. С помощью конфликтных зон, также как и с помощью правил приоритета, устанавливается приоритет проезда на перекрестках. Обычно удобнее использовать конфликтные зоны, чем правила приоритета, так как их легче определять и моделируемая при этом манера езды и соответственно ситуация на дороге больше соответствуют реальности. Для каждой конфликтной зоны выбирается отрезок,

который имеет приоритет, конфликтная зона также может быть пассивной и не иметь никакого влияния на транспортные средства.

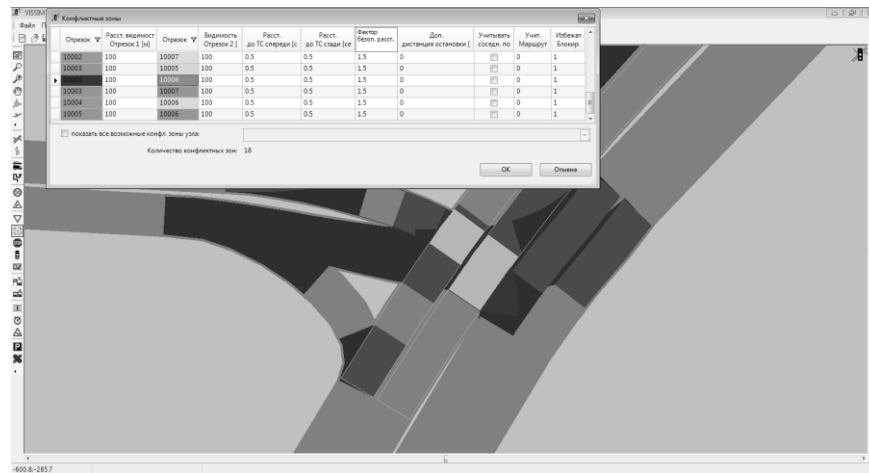
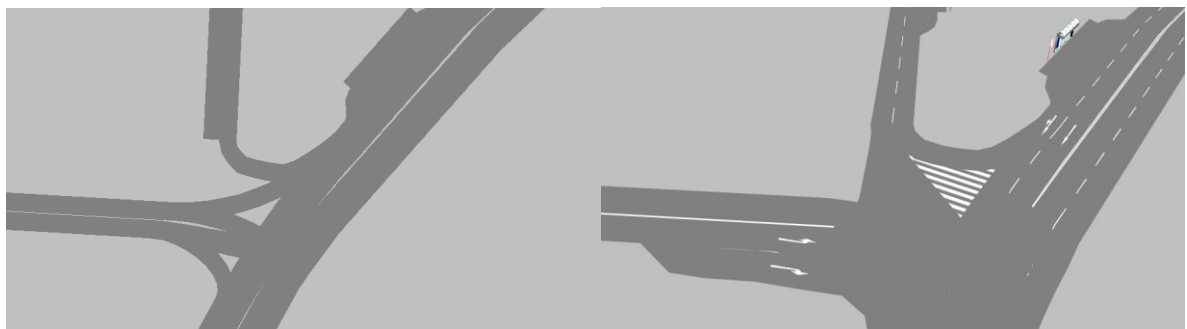


Рисунок 2 – Определение конфликтных зон в PTV VISSIM

На следующем этапе производится анализ полученной модели УДС. PTV VISSIM предлагает широкую палитру анализов для ходов теста и имитации, результаты которых представляются в окнах вывода и / или как файлы вывода, либо как база данных. В данном примере с помощью «счетчиков затора» были определены проблемные точки в рассматриваемом перекрестке, а затем имитационная модель была доработана соответствующим образом.



a

б

a – начальная модель 2D; *б* – усовершенствованная модель 2D

Рисунок 3 – Пример доработки имитационной модели в PTV VISSIM

Предлагаемые мероприятия:

- обустройство отдельной полосы для поворота направо с ул. Алроса на ул. Мостовая;
- оборудование остановочного павильона карманом для заезда маршрутного транспорта (на ул.Алроса);
- нанесение дорожной разметки и установка дорожных знаков.

Библиографический список

- 1 Sevryugina, N. S. The solution of applied problems of optimization of stability of system «environment-man-technics» [Text] / N. S. Sevryugina, S. B. Melikhova, E. A. Volkov // Modern applied science. 2015. – Т. 9. – № 3. – С. 200-207.
- 2 Savrasov, M. Development of new approach for simulation and analysis of traffic flows on mesoscopic level: doctoral thesis. – Riga, 2013. – 161 p.
- 3 Бекмагамбетов, М. М. Анализ современных программных средств транспортного моделирования [Текст] / М. М. Бекмагамбетов, А. В. Кочетков // Журнал автомобильных инженеров. 2012. – № 6 (77). – С. 25-34.
- 4 Бодров, А. С. Совершенствование дорожной сети с использование средств имитационного моделирования [Текст] / А. С. Бодров // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса. Материалы 5-ей Международной научно-практической интернет-конференции. под общей редакцией А. Н. Новикова. 2016. – С. 279-288.
- 5 Жанказиев, С. В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов : дис. ... докт. техн. наук : 05.22.01 / С. В. Жанказиев. – М., 2012. – 450 с.
- 6 Катунин, А. А. Оптимизация организации движения на основе имитационного моделирования [Текст] / В. А. Голенков, А. Н. Новиков, А. А. Катунин, Ю. Н. Баранов, Д. Д. Матназаров // Наука и техника в дорожной отрасли. 2015. – № 3 (73). – С. 5-7.
- 7 Ломакин, Д. О. Мезоскопические модели транспортных потоков [Текст] / Д. О. Ломакин // Информационные технологии и инновации на транспорте. Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией А. Н. Новикова. 2016. – С. 53-59.
- 8 Методы моделирования транспортных потоков URL: <http://bespalov.me/2012/07/16/metody-modelirovaniya-transportnyh-potokov/>. – Дата обращения 01.11.16.
- 9 Наумова, Н. А. Теоретические основы и методы автоматизированного управления транспортными потоками средствами мезоскопического моделирования : дис. ... докт. техн. Наук : 05.22.01 / Н. А. Наумова. – Краснодар, 2015. – 331 с.
- 10 VISSIM 5.30. Руководство пользователя. СПб.: А+С Консалт, 2011.