

УДК 656.11

## **ВЫБОР МАСШТАБА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ**

А.В. Косолапов, к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева,  
г. Кемерово

Дорожное движение – одна из наиболее сложных социально-технических систем, один из тех видов человеческой деятельности, в котором участвуют все жители города, от младенцев до самых пожилых людей. При этом они не только простые участники процесса движения, но и довольно большая часть из них – непосредственные операторы этой системы, от результатов деятельности которых зависит жизнеспособность всей системы.

Несмотря на большое число уже созданных технических систем получения данных о параметрах движения транспортных средств, нужно признать, что ситуация с формированием полной картины условий движения отдельных транспортных средств (о чём пойдёт речь ниже) и транспортных потоков в целом по улично-дорожной сети (УДС) города ещё далека от уровня, достойного XXI века.

Сложившиеся в обществе стереотипы, сформированные журналистами-дилетантами, выдающими своё понимание предмета за якобы решённую техническую задачу, и поддерживаемые на этом информационном фоне обывателями в разных социальных сетях, далеки от научно-технической истины. Эти стереотипы и представления создают в обществе неверное понимание того, что финансы, затраченные в последние годы на развёртывание в российских городах различных комплексов фото- и видеофиксации нарушений различных пунктов Правил дорожного движения (ПДД), а также сеть видеокамер, установленных в целях контроля за правопорядком и другие системы способны предоставить такое информационное поле лицам, принимающим решения в сфере организации дорожного движения, которого вполне достаточно для выбора управляющих воздействий, способных решить любые накопившиеся проблемы с распределением транспортных потоков, устранением транспортных задержек и заторов. На самом деле, это далеко не так.

Несмотря на самые современные технологии, применяемые в аппаратуре получения данных о дорожном движении, ещё ни в одном городе, по крайней мере нашей страны, не завершилось формирование комплекса сбора, обработки и анализа таких данных, который бы позволил достоверно, своевременно и в полном объёме оценивать и, что важнее, прогнозировать самый сложный параметр транспортных потоков – загрузку УДС транспортными

средствами. Проблема, повторюсь, не в ограниченности технологий получения данных, а в отсутствии, по крайней мере, в настоящее время возможности перехода таких разнообразных и рассредоточенных по отдельным зонам города видов информации на совершенно новый уровень корреляции этих данных с реальным дорожным движением для использования их в имитационном моделировании.

Даже только перечень названий физических принципов, используемых для получения информации о параметрах движения транспортных средств, позволяет говорить о том, что на сегодняшний день нет ни одного универсального метода, позволившего бы интегрировать такие данные в целостную картину. На примере г. Кемерово можно проследить, что монтаж в наиболее аварийно-опасных местах комплексов фото- и видеофиксации, носящих, в первую очередь (и вполне справедливо), профилактические цели, позволяет только отслеживать, причём всего лишь в ретроспективе, факты собственно нарушений ПДД (как уже говорилось), а не измерять величины характеристик транспортных потоков. Даже комплекс «КРИС» С, фиксирующий факт прохода транспортных средств в зоне своей детекции с превышением установленного лимита скорости, позволяет получить значение только одного из многих параметров транспортных потоков – скорости движения, и то лишь в измеряемом сечении улицы. А что происходит до этого сечения и после него по направлению движения этот комплекс не сообщает.

Таким образом, на данный момент сложилась ситуация, когда разработано много технологий и баз данных, построено много разновидностей моделей транспортных потоков, а кризис в реальном управлении и регулировании дорожного движения в городах, особенно в часы «пик», только нарастает. Как представляется, выходом из этой ситуации может и должен служить совершенно иной подход к получению данных – от отслеживания ситуации в отдельных сечениях и даже зонах города к сбору информации о поведении возможно большего числа отдельных транспортных средств. Такой подход получил в специальной литературе определение «интеллектуальные транспортные системы и сервисы» – ИТС [1]. В качестве таких средств могут выступать и уже в ряде созданных за рубежом ИТС выступают подвижные единицы общественного наземного колёсного транспорта и парк автомобилей-такси.

Такое расширение базы данных будет олицетворять качественный скачок в давно известном методе сбора данных о дорожном движении, который получил название метод «плавающего» автомобиля.

Сама эволюция теории транспортных потоков происходила в зависимости от изменения возможностей сбора и получения данных. Как известно, первыми моделями в теории транспортных потоков были модели макроуровня [2], базирующиеся на установлении детерминированных зависимостей числа проехавших транспортных средств через фиксированное сечение дороги и скоростей, с которыми они пересекали это сечение. Зародившиеся в 30-е годы XX столетия, эти модели уже требовали определённой точности ис-

ходных данных. Если подсчёт числа пересекших сечение транспортных средств сомнения не вызвал (и не вызывает в настоящее время, с оговоркой о до сих пор существующей проблеме сегрегации полученных данных о проехавшем подвижном составе на типы основных транспортных средств), то вот определение значения скорости в те годы происходило, во-первых, в режиме off-line, и, во-вторых, с довольно низкой степенью точности, недопустимой в настоящее время.

Следующими были модели микроуровня, возникшие в 50-ые годы XX века [3, 4], которые уже основывались на возможности проводить измерения не только актуальной скорости отдельного транспортного средства, но и интервалов движения между движущимися друг за другом транспортными средствами. В эти же годы и был разработан метод «плавающего» автомобиля (или наблюдателя). На этом этапе он был применим, как и для получения макроданных, так и для сбора микроданных – всё зависело от того, какую информацию фиксировали наблюдатели, находящиеся в этом транспортном средстве. Технические средства фиксации параметров движения того времени не позволяли применять какую-либо автоматическую аппаратуру, и все данные фиксировались в заранее составленных бумажных протоколах. Если наблюдатели подсчитывали число транспортных средств, которые обогнали «плавающий» автомобиль, или которых обогнал сам «плавающий» автомобиль, то можно было судить об интенсивности транспортного потока. Если водитель «плавающего» автомобиля двигался, не совершая манёвров обгона, то можно было судить о средней скорости транспортного потока.

В 90-ые годы XX века начал развиваться интегральный подход, объединивший возможности двух предыдущих масштабов моделирования. Этот уровень получил название мезомоделирование. Именно его стали использовать в программах имитационного моделирования транспортных потоков, позволяющих на системном уровне оценивать динамику развития дорожного движения на отдельных перекрёстках или в целых районах городов. Наиболее известными в нашей стране программами такого уровня являются отечественная TransNet [5], немецкая PTV-Vision [6] и испанская AIMSUN [7].

Таким образом, можно говорить, что в зависимости от возможностей получения первичных исходных данных и выбирается масштаб имитационного моделирования. В классическом случае рассматривают два находящихся в транспортном потоке и движущихся друг за другом по одной полосе транспортных средства, показанных на рис. 1: *ведомый* автомобиль  $i$  и автомобиль-лидер  $i+1$  (*ведущий*).

Из рис. 1 видно, что ведомому  $i$ -тому транспортному средству требуется на дороге некоторый пространственный промежуток  $L_{\partial}$  (выражаемый в метрах), получивший название *динамический габарит*, состоящий из расстояния между ним и лидером (называемого *дистанцией*)  $d$  и его собственной габаритной длины  $l_i$ :

$$L_{\partial} = l_i + d. \quad (1)$$

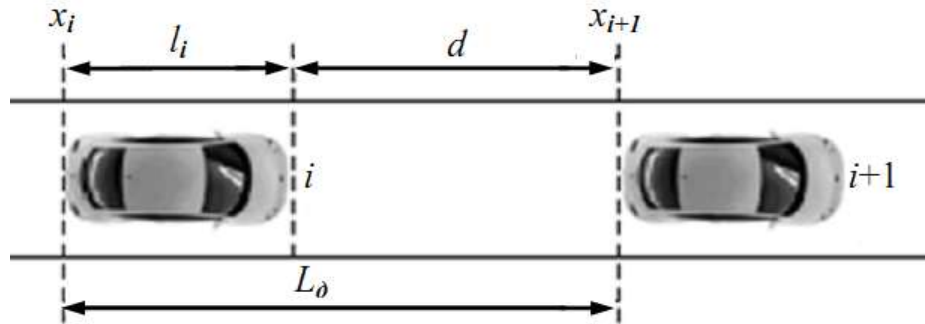


Рисунок 1 – Два транспортных средства, движущихся последовательно друг за другом в транспортном потоке по одной полосе

Значит, для профессионального проведения микромоделирования необходимо располагать данными о дистанции, оперативное и точное измерение которой является сложной научно-практической проблемой. Кстати, решение этой проблемы является одной из задач, стоящей во многих промышленно-развитых странах перед создателями систем автономного (без водителя) вождения автомобилей. Но решается эта задача с большими сложностями, вызванными не столько трудностью самого процесса измерения вышеупомянутой дистанции, сколько необходимостью учёта значительного количества факторов, проявляющихся на реальной дороге (мотивация водителя автомобиля-лидера, разница в эффективности тормозных систем ведущего и ведомого автомобилей, расположение лидера и ведомого на полосе движения, сложность измерения дистанции на криволинейных участках дорог и других).

В случае макромоделирования при одновременном рассматривании нескольких транспортных средств для адекватного представления всего транспортного потока может быть использована пространственно-временная диаграмма, помещённая на рис. 2. На нём показана эволюция транспортного потока, поскольку отслеживаются отдельные траектории движения всех транспортных средств. При этом эта пространственно-временная диаграмма представляет законченное изображение всех манёвров транспортных средств внутри транспортного потока, которые происходят в нём (ускорения, замедления, случаи равномерного движения, обгона и т.д.).

Выделенные прямоугольные области ограничены во времени и в пространстве, соответственно, периодом измерения  $T_u$  и длиной участка дороги  $L$ . Чёрные точки представляют факты пересечения отдельными транспортными средствами измеряемых сечений по длине исследуемого участка дороги, а также факты фиксации моментов времени отдельными транспортными средствами сечения в начале измеряемого участка.

При описании размера этих прямоугольных областей измерения необходимо указать на некоторые ограничения: слишком большая область измерения может замаскировать некоторые изменения условий движения транспортных потоков, при этом может происходить игнорирование некоторых их динамических свойств; тогда как слишком маленькая область измерения мо-

жет затруднить непрерывную обработку, так как в этом случае проявится чрезмерно дискретный, микроскопический характер транспортных потоков.

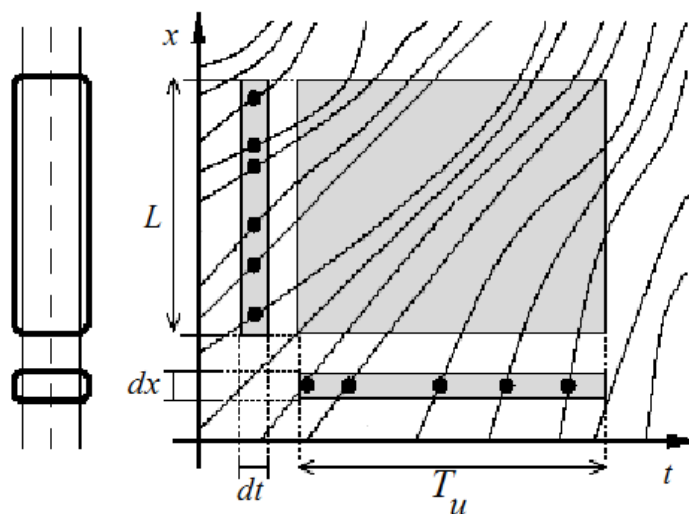


Рисунок 2 – Пространственно-временная диаграмма, показывающая траектории нескольких транспортных средств

Понятно, что макро моделирование также может оценивать транспортные потоки отдельно на каждой полосе, и только интеграция всех данных по всем полосам позволит адекватно оценивать динамику дорожного движения на исследуемых участках. А это требует увеличения числа транспортных детекторов на всей площади исследуемой зоны. Выполнить это можно только виртуально в программах имитационного моделирования.

Таким образом, именно возможность доступа и сбора исходных данных о параметрах транспортного потока диктует в настоящее время возможность верификации, валидации и калибровки программ имитационного моделирования транспортных потоков.

### Список литературы:

1. Опыт создания и эксплуатации интеллектуальных транспортных систем. Информ. сборник / М-во транспорта РФ, Федерал. дорож. агентство. – Москва, 2009. – 288 с.
2. Greenshields B. D. A study of traffic capacity // Proc. (US) highway research. board. – 1934. – Vol. 14. – pp. 448-494.
3. Gazis D. C., Herman R., Rothery R. W. Nonlinear follow the leader models of traffic flow / Oper. Res. 1961. V. 9. pp. 545-567.
4. Gipps P. G. A behavioural car following model for computer simulation // Transp. Res. B. 1981. V. 15. pp. 105-111.
5. TransNet [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://www.isa.ru/transnet/> (Дата обращения 01.04.2016)
6. PTV-Vision [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://ptv-vision.ru/> (Дата обращения 01.04.2016)
7. TSS-Transport Simulation Systems [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://www.aimsun.com/> (Дата обращения 01.04.2016)