

Оценка пропускной способности участков улично-дорожной сети на основе имитационного моделирования

В.В.Нефедов, Е.В. Скринников, А.Д. Ефимов, С.В. Житников

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.

Платова, г. Новочеркасск

Аннотация: В настоящее время особое внимание уделяется обеспечению высокого уровня удобства и безопасности дорожного движения. Добиться этого результата невозможно, без четкого понимания целесообразности использования тех или иных теоретических положений на практике. Решение данной проблемы заключается в своевременной разработке алгоритмов имитационного моделирования, позволяющих достаточно точно оценить эффективность применяемых инженерных решений в проектной документации.

Ключевые слова: парковка, транспортное средство, пропускная способность, улично-дорожная сеть, скорость, безопасность движения.

Современные исследователи в области организации дорожного движения вынуждены постоянно решать задачу повышения запаса пропускной способности улично-дорожных сетей (УДС) [1, 2]. Эта проблема требует четкого обоснования всех реализуемых градостроительных мероприятий, их увязку со сложившейся исторической застройкой, особенно в крупных и крупнейших городах.

Если обратить внимание на проблемы организации дорожного движения в современных городах, можно сразу же выявить главную из них, обусловленную диспропорцией между темпами автомобилизации и темпами развития улично-дорожной сети – дефицит парковочного пространства [3-5]. Поэтому говорить о обеспечении нормативного значения запаса пропускной способности можно только после комплексной оценки уровня организации дорожного движения и вклада каждого элемента в снижение ее величины. Особенно это касается парковок личных транспортных средств. Согласно сложившейся статистике, в городах РФ обеспеченность местами для хранения автомобилей по месту проживания населения составляет в среднем 30 - 40%, а обеспеченность местами для стоянки автомобилей у объектов

тяготения в среднем не превышает 25% от требуемого количества [5-7]. В следствие развития этой ситуации, актуальность приобретает проблема «нецелевого использования проезжей части улиц городов», обусловленная загрузкой УДС хаотично припаркованными автомобилями. Так, по данным различных исследователей, проезжая часть большинства улиц в центральной части городов, используется для движения только на 35 - 50% [7-9]. Соответственно следующей, вытекающей из данной ситуации проблемой, становится снижение скорости сообщения и пропускной способности отдельных участков УДС.

Поэтому при рассмотрении проектных решений в области организации дорожного движения в условиях плотной городской застройки первоочередное внимание следует уделять вопросам обеспечения нормативных значений пропускной способности проезжих частей улиц. Добиться положительного эффекта в этом случае можно только на основании применения системного подхода к вопросу управления временными стоянками транспортных средств, с целью поиска оптимального варианта удовлетворения результатами поездки участников движения. Естественно, что исходной информацией в данном случае должен стать анализ транспортного спроса и возможности его удовлетворения транспортной инфраструктурой. Специалистам следует активней применять кардинальные меры для борьбы с возникновением заторовых ситуаций на участках УДС, включающие внедрение интеллектуальных транспортных систем, управление въездами на основные улицы городских поселений, выделение приоритетных зон для общественного пассажирского транспорта, а также системное размещение парковок автомобилей. При этом необходимо учитывать, что с точки зрения психологического эффекта, эффективная и рациональная организация временных стоянок является одним из факторов планирования маршрута поездки человека на городской территории.

Решение данной проблемы возможно при создании интеллектуальных моделей, имитирующих реальную обстановку на улицах и дорогах при сложившейся организации дорожного движения, направленных не только на обеспечения необходимыми парковочными местами участков УДС, но и повышением их пропускной способности. Как известно [8, 9], пропускная способность УДС находится в непосредственной зависимости от скорости движения. Причем, если изначально при росте скорости движения пропускная способность возрастает, то при достижении определенного значения скоростного порога, начинает резко снижаться.

В практике организации дорожного движения скорость транспортных средств на участке УДС можно определить по следующему выражению [10-12]:

$$V = F(l) \cdot G(h) \cdot D(n) \cdot P(s) \cdot B(w) \cdot K(x) \cdot C(y), \quad (1)$$

где $F(l)$ – функция, отражающая зависимость скорости движения от длины парковки; $G(h)$ – функция, отражающая зависимость скорости движения от ширины парковки; $D(N)$ – функция, отражающая зависимость скорости движения от интенсивности ТС; $P(s)$ - функция, отражающая зависимость скорости движения от состава транспортного потока; $B(w)$ – функция, отражающая зависимость скорости движения от ширины полосы движения; $K(x)$ – функция, отражающая зависимость скорости движения от пешеходного перехода на ПЧ; $C(y)$ – функция, отражающая зависимость скорости движения от наличия остановочных пунктов городского пассажирского транспорта.

Приведенная выше математическая модель позволяет описывать вариацию скорости движения автомобилей в конкретных условиях (с учетом планировочных характеристик, дорожных условий, транспортно-эксплуатационных характеристик участка УДС, а также компонентов подсистемы «Среда» системы ВАДС. Исходной информацией для расчета по

представленной выше модели является предварительная оценка всех параметров и их вариация в различные периоды измерений. Эта информация группируется в специализированные базы данных при сезонных обследованиях УДС.

На основании проведенных исследований была предложена математическая модель, описывающая варьирование скорости движения автомобилей в крайней правой полосе в зоне влияния парковок транспортных средств, имеющая следующий вид:

$$F(I) = (-0,00031I^2 + 0,0016I + 49,83)^{0,17};$$

$$G(h) = (-1,4911h^2 + 0,4253h + 49,82)^{0,34};$$

$$D(n) = (-0,000015n^2 + 0,0063n + 49,4)^{0,16};$$

$$P(s) = (0,00025s^2 + 0,228s + 26,27)^{0,21};$$

$$B(w) = (0,6843w^2 - 0,716w + 38,8)^{0,12};$$

$$K(x) = (1 - 0,11e^{-24 \cdot 10^{-4}(x-200)});$$

$$C(y) = (1 - 0,0078e^{-16 \cdot 10^{-4}(y-400)}),$$

где x – величина, характеризующая размещение пешеходных переходов на перегоне;

y – величина, учитывающая расстояние между остановочными пунктами пассажирского транспорта на перегоне.

Если при проведении натурных обследований будет установлено отсутствие на данном участке УДС пешеходного перехода или остановки маршрутных транспортных средств, то данные параметры приравняются к 1, то есть их влияние на пропускную способность отсутствует.

Тогда пропускная способность полосы движения (2) определяется по формуле [3-5]:

$$P_n = \frac{T_{эф} \cdot V}{L_g}. \quad (2)$$

Выполним оценку эффективности применения данной методики для расчета пропускной способности участков УДС в зоне влияния временных парковок с помощью имитационного моделирования.

В качестве программного продукта для разработки имитационной модели участка УДС города, на примере г. Новочеркаска, с целью оценки эффективности использования представленных математических зависимостей, использована платформа AnyLogic. В качестве физического примера взят перегон ул. Московской от ул. Просвещения до ул. Дубовского.

Применение программного обеспечения позволило разработать алгоритм описания математической модели (2) с учетом системы уравнений (1), структурно представленный на рис. 1. Этот алгоритм позволит достаточно быстро оценить вероятность возникновения предзаторовых ситуаций на проблемных участках УДС в зоне парковок транспортных средств.

Кроме того, его можно применять не только для оценки пропускной способности отдельных участков УДС в сложившихся условиях, но и моделирования ситуации при дальнейших концепциях развития транспортной инфраструктуры региона (рис. 2). Это, в свою очередь, открывает дополнительные перспективы использования предложенного алгоритма, в том числе и при моделировании критических ситуаций, недопустимых на реальных объектах УДС.

Расшифруем данные расчетов, выполненные в модели. Скорость движения по перегону определяется, как:

$$\begin{aligned} V &= F(I) \cdot G(h) \cdot D(n) \cdot P(s) \cdot B(w) \cdot K(x) \cdot C(y) = \\ &= 1,82 \cdot 3,095 \cdot 1,8 \cdot 2,27 \cdot 1,58 \cdot 0,71 \cdot 0,83 = 21,4 \text{ км/ч,} \end{aligned}$$

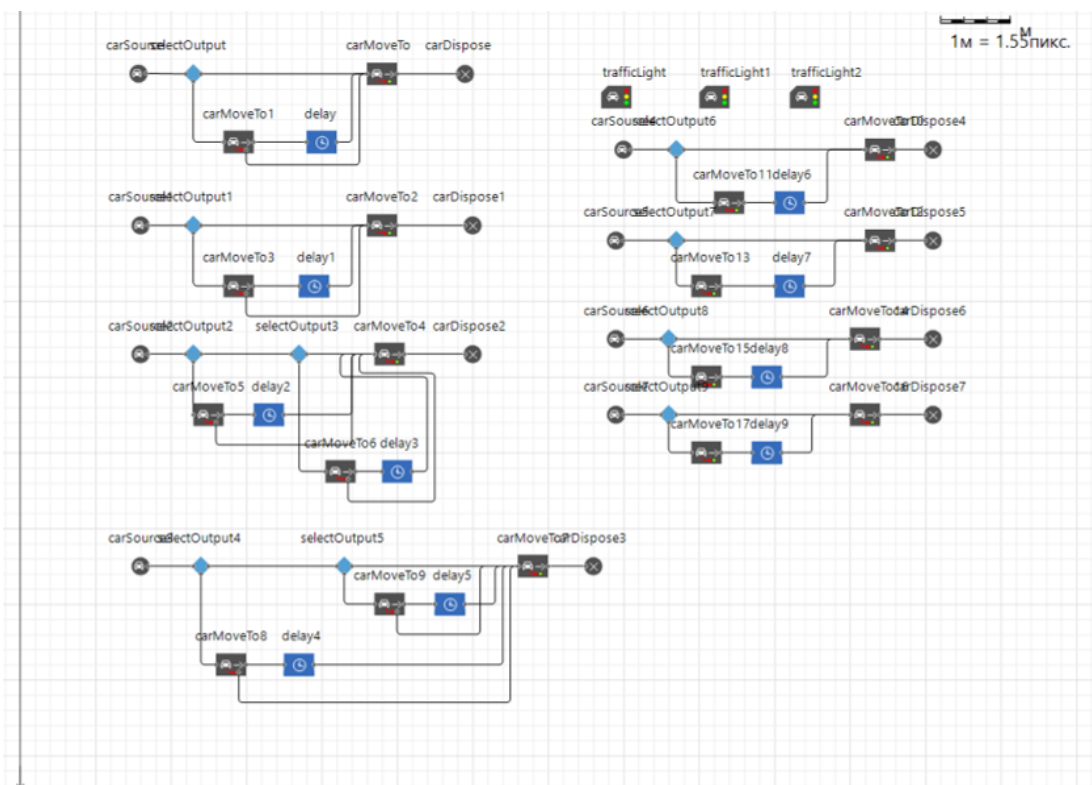


Рис. 1. – Алгоритм имитационной модели организации парковки транспортных средств в AnyLogic



Рис. 2. – Имитационная модель ул. Московской и ул. Просвещения

Предварительно при помощи секундомера, измерив время преодоления перегона транспортным средством, можно определить величину пропускной способности на перегоне, используя формулу (2):

$$P_n = 1562 \text{ ед/ч},$$

где P_n – пропускная способность на перегоне, ед./ч.

Используя полученные данные об интенсивности и пропускной способности определяется уровень его загрузки участка УДС по формуле [2]:

$$K_z = \frac{N}{P} = \frac{1086}{1562} = 0,7.$$

Расчетные данные подтверждаются и результатами визуализации модели, представленной на рис.2. Как видно на рис.2, скопления автомобилей на проезжей части улице наблюдается именно в зоне парковок. На этих участках пропускная способность значительно снижается по сравнению с перегонем в целом.

Исходя из выше приведённых примеров, можно сделать вывод, о том, что этот метод более корректен, учитывает больше основных параметров, характеризующих дорожное движение и даёт возможность более правильно оценить влияние временных стоянок на пропускную способность УДС и уровень загрузки движения.

Анализ результатов имитационного моделирования позволяет сделать вывод о целесообразности использования данной методики для проектирования временных стоянок на отдельных участках УДС. Однако для более сложных и крупных систем, таких, как городские районы, населенные пункты или агломерации, требуется проведение дополнительных исследований и разработка поправочных коэффициентов для получения достоверных значений пропускной способности.

Литература

1. Сильянов В.В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для студентов выс. уч. зав. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 352 с.
2. Буслаев А.П., Новиков А.В., Приходько В.М., Таташев А.Г., Яшина М.В. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения. - М. Мир, 2003. - 368 с.
3. Голубев Г. Е. Автомобильные стоянки и гаражи в жилой застройке городов. -М.: Стройиздат, 2008. -252 с: ил.
4. Садило Р.М. Методы оценка эффективности проектных решений ОДД: Учеб. пособие/ Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002.- 110 с.
5. Еремин В.М., Бадалян А.М., Афанасьев М.Б., Попов В.Н. Оценка влияния автомобильных парковок на параметры транспортных потоков на городских улицах методом имитационного моделирования движения автомобилей // Научный информационный сборник «Транспорт. Наука, техника, управление». ВРШИТИ. Хо 3. - М., 2005. - с. 34 - 38.
6. Волков В.С., Кастырин Д.Ю., Лебедев Е.Г. Влияние скоростного режима движения транспорта на показатель опасности дорожного пересечения // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. - № 2(57). С. 74-80.
7. Кашталинский А.С., Петров В.В. Влияние дорожно-транспортных факторов на неравномерность транспортных потоков в городах // Вестник ИрГТУ. 2016. №1 (108). С. 116-123.
8. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожной сетей городов. - Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.

9. Кременец Ю. А., Печерский М. П. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов. - Москва: Академкнига, 2005. - 279 с.

10. Saraykin, A.I. Khasanov, R.I. The integrated simulation model of a promising active safety system for the executive class vehicles // Theoretical & Applied Science 2017, No 2. - pp. 101-105.

11. Korchagin Viktor, Pogodaev Anatoly, Kliavin Vladimir, Sitnikov Vitali. Scientific Basis of the Expert System of Road Safety // Transportation Research Procedia. 2017. No 20. pp. 321 – 325.

12. Kcrimov Muklitar, Safiullin Ravil, Marusin Alexey, Marusin Alexandar. Evaluation of Functional Efficiency of Automated Traffic Enforcement Systems // Organization and Traffic Safety Management in Large Cities SPbOTSIC-2016: 12th International Conference, St. Petersburg, Russia, 28-30 September 2016. pp. 288-294.

References

1. Sil`yanov V.V., Domke E`R. Transportno-ekspluatatsionny`e kachestva avtomobil`ny`x dorog i gorodskix ulicz [Transport and operational qualities of highways and city streets]: uchebny`y` dlya studentov vy`s. uch. zav. M. Izdatel`skij centr «Akademiya», 2007. 352 p.

2. Buslaev A.P., Novikov A.V., Prihod`ko V.M., Tatashev A.G., Yashina M.V. Veroyatnostny`e i imitatsionny`e podxody` k optimizatsii avtodorozhnogo dvizheniya [Probabilistic and simulation approaches to optimization of road traffic]. M. Mir, 2003. 368 p.

3. Golubev G. E. Avtomobil`ny`e stoyanki i garazhi v zhiloy zastrojke gorodov [Parking lots and garages in residential buildings of cities]. M.: Strojizdat, 2008. 252 p: il.

4. Sadilo P.M. Metody` ocenka e`ffektivnosti proektny`x reshenij ODD [Methods of evaluating the effectiveness of design solutions of ODD]: Ucheb. posobie. Yuzh.-Ros. gos. texn. un-t. Novocherkassk: YuRG TU, 2002. 110 p.
5. Eremin V.M., Badalyan A.M., Afanas`ev M.B., Popov V.N. Nauchny`j informacionny`j sbornik «Transport. Nauka, texnika, upravlenie». VRShITI. Xo 3. M., 2005. pp. 34 - 38.
6. Kasty`rin, D.Yu., Volkov V.S., Lebedev E.G. Mir transporta i texnologicheskix mashin. 2017. No 2(57). P. 74-80.
7. Kashtalinskij A.S., Petrov V.V. Vestnik IrGTU. 2016. No1 (108). P. 116-123.
8. Mixajlov A.Yu., Golovny`x I.M. Sovremenny`e tendencii proektirovaniya i rekonstrukcii ulichno-dorozhnoj setej gorodov [Modern trends in the design and reconstruction of street and road networks of cities]. Novosibirsk. Nauka, 2004. 267 p.
9. Kremenezh Yu. A., Pecherskij M. P. Texnicheskie sredstva organizacii dorozhnogo dvizheniya [Technical means of traffic management] uchebnik dlya vuzov. Moskva: Akademkniga, 2005. 279 p.
10. Khasanov R.I., Saraykin A.I. Theoretical & Applied Science, 2017, № 2. pp. 101-105.
11. Korchagin Viktor, Pogodaev Anatoly, Kliavin Vladimir, Sitnikov Vitali. Transportation Research Procedia. 2017. No. 20 pp. 321 – 325.
12. Kcrimov Muklitar, Safiullin Ravil, Marusin Alexey, Marusin Alexandar. Organization and Traffic Safety Management in Large Cities SPbOTSIC-2016: 12tli International Conferaice, St. Petersburg, Russia, 28-30 September 2016. pp. 288-294.