

УДК 656.021.2

DOI: 10.30977/АТ.2219-8342.2018.42.0.98

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ В ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ПОТОКАХ

Мустафаев Г.К., Гецович Е.М., ХНАДУ

Аннотация. Исследован метод моделирования поведения водителя на нерегулируемых перекрестках в пересекающихся потоках. Выполнен анализ и обработка видеосъемки движения пересекающихся потоков на четырехстороннем перекрестке, выбранном на УДС города Харькова. Предложен усовершенствованный метод «граничных интервалов» как «скользящий граничный интервал» для моделирования поведения водителя.

Ключевые слова: моделирование, транспортный поток, коэффициент решительности водителя.

Введение

При составлении моделей движения транспортных потоков через перекрестки улично-дорожной сети (УДС) наибольшую сложность представляет задача моделирования поведения водителя, поскольку оно не поддается сколько-нибудь точному математическому описанию, зависит от практически неограниченного числа факторов и даже у одного и того же водителя может существенно изменяться в течение достаточно короткого промежутка времени, например, одной поездки.

Анализ публикаций

Известен ряд подходов к решению этой задачи:

- все водители ведут себя одинаково и дисциплинированно, т.е. моделируется «среднестатистический» водитель [1–3];
- водители ведут себя по-разному в пределах каких-либо ограничений (например, метод граничных интервалов) [2–4];
- метод граничных интервалов, в котором для какой-то заранее заданной части водителей значения граничных интервалов изменяются [3–5].

Известные подходы позволяют лишь весьма приближенно моделировать поведение водителей, что приемлемо при решении ряда задач, например, при моделировании в процессе проектирования организации дорожного движения (ОДД) на отдельных перекрестках или сравнительно небольших участках УДС [4]. Ранее авторами был предложен способ моделирования поведения водителя с помощью коэффициента «решительности» вида [4–6]

$$K_p = \frac{\tau_T}{\tau_\Phi}, \quad (1)$$

где τ_T – теоретически необходимый временной интервал для выполнения желаемого маневра; τ_Φ – фактически выбранный и оцененный водителем временной интервал как приемлемый.

Цель и постановка задачи

Целью работы является получение значений K_p и построение гистограммы распределения вероятностей этих значений для выбранного вида маневра.

Для достижения поставленной цели необходимо: провести анализ движения пересекающихся потоков на четырехстороннем перекрестке, выбранном на УДС города Харькова; обработать отснятые материалы; рассчитать K_p для выбранного типа маневра; построить гистограммы распределения вероятностей значений K_p для выбранного вида маневра.

Этапы и задачи получения всей необходимой информации для применения предложенного метода

В данном методе каждому водителю автомобиля, стоящего первым в очереди перед перекрестком, значение K_p присваивается как случайная величина с учетом экспериментально полученного распределения вероятностей значений K_p для данного типа перекрестка и вида маневра. По сути этот способ является «способом скользящих граничных интервалов», поскольку для каждого

водителя определяется свой граничный интервал, исходя из присвоенного ему коэффициента решительности как [5]

$$\tau_{гр} = \tau_{\phi} = \frac{\tau_T}{K_p}. \quad (2)$$

Очевидно, что при построении моделей движения транспортных потоков, с учетом поведения водителей по предложенному способу, наиболее трудоемким является получение экспериментальных распределений вероятностей значений K_p [7, 8]. Значение τ_T для (1) можно легко получить из геометрии перекрестка и траектории движения автомобилей при выполнении желаемого маневра из соотношения

$$l_{Тр} = \frac{j\tau_T^2}{2}, \quad (3)$$

где $l_{Тр}$ – длина траектории движения при выполнении маневра; j – ускорение автомобиля в процессе выполнения маневра [8]. Величина τ_{ϕ} для (1) может быть определена путем обработки видеосъемки движения потоков на перекрестках [9].

Для пояснения методики обработки видеосъемки на рис. 1, 2, 3 приведены стоп-кадры видеосъемки в момент начала движения автомобиля А (рис. 1) с выездом на главную дорогу и пересечением (четырёхсторонний перекресток г. Харькова «Мироносицкая–Ярослава Мудрого»), в момент завершения маневра автомобилем А (рис. 2) и в момент прибытия в точку завершения маневра автомобилем А автомобиля В, движущегося по главной дороге (рис. 3).

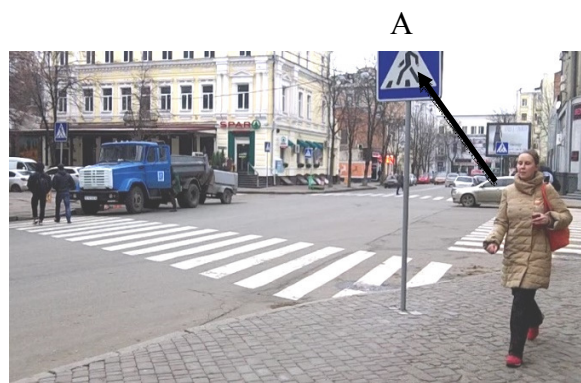


Рис. 1. Стоп-кадр видеосъемки в момент начала движения автомобиля А с выездом на главную дорогу



Рис. 2. Стоп-кадр видеосъемки в момент завершения маневра автомобилем А

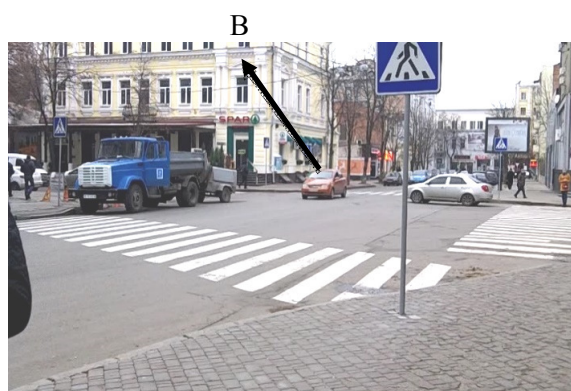


Рис. 3. Стоп-кадр видеосъемки в момент прибытия в точку завершения маневра автомобилем А автомобиля В

Смещение изображений осуществляется покадрово [9, 10]. Если от положения (рис. 1) до положения (рис. 3) изображение сместилось на n кадров, а частота съемки – 24 кадра/с, то

$$\tau_{\phi} = \frac{n}{24}(c). \quad (4)$$

Полученные из (1), с учетом (4), значений K_p сгруппированы по интервалам и построены гистограммы распределения вероятностей значений K_p для пересекающихся потоков (рис. 4).

По желанию разработчиков моделей движения транспортных потоков интервал K_p может быть уменьшен, например, до 0,05, 0,025 и т.д.

В результате обработки видеосъемки движения потоков на нерегулируемых перекрестках гистограммы вида (рис. 4) могут быть получены для других видов маневра: правый поворот, левый поворот, обгон и т.д. [11, 12].

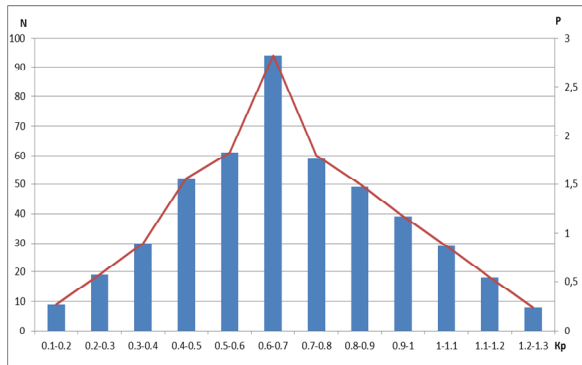


Рис. 4. Гистограмма распределения вероятностей значений коэффициента решительности при пересекающихся потоках

С помощью таких гистограмм значения Кр для каждого автомобиля в потоке могут быть заданы с помощью любого известного генератора случайных чисел [12–14].

Выводы

Предложенный метод имитации поведения водителя в моделях транспортных потоков позволяет приблизить точность имитации к реальному разнообразию поведения водителей, а следовательно, повысить адекватность моделей.

Литература

1. Гасников А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / А.В. Гасников. – М.: МФТИ, 2010. – С. 74–78.
2. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков / В.И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11. – С. 102–122.
3. Гецович Е.М. Эмпирико-стохастический подход к моделированию транспортных потоков / Е.М. Гецович, В.Т. Лазурик, Н.А. Семченко, В.Ю. Король // Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях: тр. научн.-техн. конф. с междунар. участием Харьк. нац. ун-та имени В.Н. Каразина, 18–21 мая 2010 г. – Харьков, 2010. Ч.1. – С. 101–104.
4. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: учеб. для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
5. Lighthill M.J. On kinematic waves: II. theory of traffic flow on long crowded roads / M.J. Lighthill, G.B. Whitham. – London, 1955.

6. Richards I.P. Shock Waves on the Highway / I.P. Richards, 1956.
7. Li Q. Analysis of lwr model with fundamental diagram subject to uncertainties / Li Q., Chen, H., Wang, D. Ni, 2011.
8. Payne H.J. A macroscopic simulation model for freeway traffic / H.J. Payne // Transportation Research Record, 1979.
9. Payne H.J. Models of freeway traffic and control / H.J. Payne // Simulation Council Proc, 1971.
10. Garavello M. Traffic flow on a road network using the awrascle model / M. Garavello, B. Piccoli // Comm. Partial Differential, 2006.
11. Krautter W. Traffic simulation with artist. 1997
12. Gipps P. G. (1981). A behavioural car-following model for computer simulation // Transportation Research II.
13. Barcelo, J. (2005). Microscopic traffic simulation: a tool for the design, analysis and evaluation of intelligent transport systems / Journal of Intelligent and Robotic Systems. 41, № 2–3, 173–203.
14. Owen, L.E. (2000). Street and traffic simulation: traffic flow simulation using CORSIM / Proceedings of the 32nd conference on Winter simulation. – Society for Computer Simulation International, 1143–1147.

References

1. Gasnikov, A. V. (2010). *Vvedeniye v matematicheskoye modelirovaniye transportnykh potokov [Introduction to the mathematical modeling of traffic flows]*. Moscow: MFTI [in Russian].
2. Shvetsov, V. I. (2003). *Matematicheskoye modelirovaniye transportnykh potokov [Mathematical modeling of traffic flows]*. [in Russian].
3. Getsovich, Ye.M. (2010). *Empiriko-stokhasticheskiy podkhod k modelirovaniyu transportnykh potokov [Empirical-stochastic approach to the modeling of traffic flows]*. *Kompyuternoye modelirovaniye v naukoymkikh tekhnologiyakh – Computersimulation in high technology*, 1, 101–104 [in Ukrainian].
4. Klinkovshteyn, G.I., Afanasyev, M.B. (2001). *Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya*. Moscow: Transport [in Russian].
5. Lighthill, M. J., Whitham, G. B. (1955). *On kinematic waves: II. theory of traffic flow on long crowded roads*. London.

6. Richards, I. P. (1956). Shock Waves on the Highway.
7. Li, Q., Chen, H., Wang, D. Ni, (2011). Analysis of lwr model with fundamental diagram subject to uncertainties.
8. Payne, H.J. (1979). A macroscopic simulation model for freeway trac. Transportation Research Record.
9. Payne, H.J. (1971). Models of freeway trac and control. Simulation Council Proc.
10. Garavello, M., Piccoli, B. (2006). Trac flow on a road network using the aw-rascl model. Comm. Partial Dierential.
11. Krautter, W., Bleile, T., Manstetten, D., Schwab, T. (1997). Trac simulation with artist.
12. Gipps, P. G. (1981). A behavioural car-following model for computer simulation. Transportation Research II.
13. Barcelo, J. (2005). Microscopic traffic simulation: a tool for the design, analysis and evaluation of intelligent transport systems. Journal of Intelligent and Robotic Systems. 41, 2-3, 173-203.
14. Owen, L.E. (2000). Street and traffic simulation: traffic flow simulation using CORSIM. Proceedings of the 32nd conference on Winter simulation. – Society for Computer Simulation International, 1143-1147.

Мустафаєв Гусейн Кавказович, аспірант кафедра організації та безпеки дорожнього руху, +380936977495, guseinmustafaev@gmail.com. Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Харківська область, 61002, Україна, вул. Ярослава Мудрого, 25,

Гецович Євгеній Мойсейович, д.т.н., проф., кафедра тракторів, сільськогосподарських машин і транспортних технологій, +380963416415. Сумський національний аграрний університет, Україна, Суми, 40000, вул. Герасима Кондратьєва, 160, Сумська область,

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ НА НЕРЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ У ПЕРЕСІЧЕНИХ ПОТОКАХ

Мустафаєв Г.К., Гецович Є.М., ХНАДУ

Анотація. При складанні моделей руху транспортних потоків через перехрестя вулично-

дорожньої мережі (ВДС) найбільшу складність становить задача моделювання поведінки водія, оскільки вона не піддається точному математичному опису, залежить від практично не обмеженого числа факторів і навіть у одного і того ж водія може істотно змінюватися протягом досить короткого проміжку часу, наприклад, однієї поїздки. Метою роботи є отримання значень K_r і побудова гістограми розподілу ймовірностей цих значень для обраного виду маневру. У статті досліджено метод моделювання поведінки водія на нерегульованих перехрестях у пересічених потоках. Виконано аналіз і обробку відеозйомки руху пересічених потоків на чотиристоронньому перехресті, обраному на УДМ міста Харків. Запропоновано вдосконалений метод «граничних інтервалів» як «ковзаючий граничний інтервал» для моделювання поведінки водія. У результаті обробки відеозйомки руху потоків на нерегульованих перехрестях було побудовано гістограму розподілу ймовірностей значень коефіцієнта рішучості при пересічених потоках. За допомогою таких гістограм значення K_r для кожного автомобіля в потоці можуть бути задані за допомогою будь-якого відомого генератора випадкових чисел. Вказаний метод буде враховувати як індивідуальні особливості водіїв, так і вплив на їх поведінку об'єктивних чинників, запропонований спосіб обліку водіїв при моделюванні руху транспортних потоків дозволить збільшити точність моделювання, що, у свою чергу, дозволить уточнити цілий ряд результатів, які отримуємо за допомогою моделювання, наприклад, розрахунок пропускної здатності смуг руху. Запропонований метод імітації поведінки водія в моделях транспортних потоків дозволяє наблизити точність імітації до реальної різноманітності поведінки водіїв, а отже, підвищити адекватність моделей.

Ключові слова: моделювання, транспортний потік, коефіцієнт рішучості водія.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE DRIVER'S BEHAVIOR AT UNCONTROLLED INTERSECTIONS IN CROSS TRAFFIC FLOWS

Mustafayev H., KhNAHU, Getsovich E., Summy National Agricultural University

Abstract. Problem. When modelling traffic flows through intersections of the network of streets, the most difficult task is to model driver's behavior, since it defies precise mathematical description, it depends on almost unlimited number of factors and can significantly change even for the same driver over a fairly short period of time, for example, one trip. **Goal.** The goal is to obtain the values of C_d and to build the histogram of distribution of these values probabilities for the chosen type of maneuver. **Methodology.** The method of modeling driver's behavior

at uncontrolled intersections in cross traffic flows has been investigated in the paper. The analysis and processing of video recording of cross traffic flows at the four-way intersection chosen on the network of streets of the city of Kharkiv has been performed. An improved method of «boundary intervals» as a «sliding boundary interval» has been proposed for modeling the driver's behavior. **Results.** As a result of processing the video recording of the flow motion at uncontrolled intersections, the histogram of the distribution of probabilities of the determination coefficient values at cross traffic flows has been built [11, 12]. With the help of such histograms, the Cd values for each car in the flow can be specified using any known random number generator. **Originality.** The method stated will take into account both the

individual characteristics of drivers and the impact of objective factors on their behavior; the proposed method of recording drivers when modeling the movement of traffic flows will increase the accuracy of modeling, which in turn will allow us to specify a number of results that we obtain by modeling, for example, the calculation of the traffic lane capacity. **Practical value.** The proposed method of simulating the driver's behavior in the models of traffic flows makes it possible to approximate the accuracy of simulation to the real variety of behavior of drivers, and, consequently, to increase the adequacy of models.

Key words: modeling, traffic flow, the driver's determination coefficient.
