

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДИК РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В РОССИИ

А.Г. Левашев

Иркутский Государственный Технический Университет

alexey.levashev@mail.ru

Методики проектирования нерегулируемых пересечений в целом основаны на применении теории вероятностей. Уже на протяжении многих лет они совершенствуются и обновляются. Последние зарубежные руководства представляют методики расчетов, включающие в себя множество различных транспортных ситуаций. При этом следует отметить серьезный вклад немецких исследователей в разработку методик для нерегулируемых и в частности для кольцевых пересечений. Например, современные американские методики расчетов для нерегулируемых и кольцевых пересечений основаны на разработках немецких специалистов. Также американские специалисты подчеркивают отсутствие такого же богатого опыта в области исследований кольцевых пересечений, которым владеют немецкие ученые [10].

Одними из основных параметров транспортного потока, влияющих на результаты применения существующих методик, для того или иного нерегулируемого или кольцевого пересечения являются граничный интервал и интервал следования. При этом интервал следования представляет в среднем постоянную величину, которая может быть определена, как среднее временных интервалов между автомобилями, начиная со второго транспортного средства в очереди. Более сложной является процедура определения граничного интервала.

Основоположниками в области определения граничных интервалов были Greenshields [5] и Raff [12]. В последствии были развиты другие методики, основанные на разных подходах. Например, были разработаны методики, основанные на регрессионном анализе или даже на Probit-анализе, берущем свое начало из теории транспортного планирования.

Brilon, Koenig, Troutbeck провели исследование по сравнению наиболее распространенных методик определения граничного интервала и интервала следования [3]. Они рассмотрели работы таких авторов, как: Raff, Hart [12], Harders [7, 8], Siegloch [13], Hewitt (Probit-анализ) [9], Troutbeck (Maximum-Likelihood-Method – Метод, основанные на максимальном правдоподобии) [15], Ashworth [1, 2], Logit-модель (из теории транспортного планирования) [4, 11, 14].

В результате данного исследования, основанного на микромоделировании транспортных потоков, было установлено, что наиболее лучшие результаты дают методики, которые разработали Hewitt, Troutbeck, и Siegloch. При этом методика, которую разработал Hewitt, является достаточно сложной с точки зрения практического применения, кроме того, она не достаточно хорошо описана в литературе. Методика, которую разработал Siegloch, была единственной из так называемых регрессионных методов оценки, которая больше всего соответствовала действительности. Но такая методика требует наличия достаточной постоянной очереди на перекрестке во второстепенном направлении и ей сопутствуют большие трудозатраты. Исследователи сделали вывод, что наиболее рациональной методикой с точки зрения трудозатрат и с точки зрения точности оказалась методика, которую разработал Troutbeck, и которая основана на методе максимального правдоподобия (Maximum-Likelihood-Method). Рассмотрим ее более подробно.

Методика определения граничных интервалов на основе метода максимального правдоподобия основана на определении вероятности, с которой граничный интервал определенного транспортного средства попадает в диапазон между a_i (принятый интервал) и r_i (отклоненный интервал). Эта вероятность определяется как разница вероятностей $F(a_i) - F(r_i)$. При этом r_i – это наибольший из отклоненных одним транспортным средством

интервалов. Для всех рассмотренных транспортных средств, которыми минимум один временной интервал был отклонен, определяется функция вероятности, как:

$$L^* = \prod_{i=1}^n [F(a_i) - F(r_i)], \quad (1)$$

где L^* – функция вероятности; $F(x)$ – функция распределения x ; a_i – интервал, принятый i -ым транспортным средством; r_i – максимальный интервал, отклоненный i -ым транспортным средством; n – количество рассмотренных транспортных средств; i – порядковый номер транспортного средства.

Логарифм L от этой функции определяется как:

$$L = \sum_{i=1}^n \ln[F(a_i) - F(r_i)]. \quad (2)$$

Логарифмическое преобразование подтверждает, что L и L^* для одних и тех же параметров μ и σ достигнут максимума лишь в случае, если логарифмическая функция будет постоянно возрастающей. Значения параметров μ и σ рассмотренного логнормального распределения, которые соответствуют максимуму L , можно определить, используя следующие уравнения:

$$\frac{\partial L}{\partial \mu} = \sum_{i=1}^n \frac{\frac{\partial F(a_i)}{\partial \mu} - \frac{\partial F(r_i)}{\partial \mu}}{F(a_i) - F(r_i)} = \sum_{i=1}^n \frac{f(a_i) - f(r_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0 \quad (3)$$

и

$$\frac{\partial L}{\partial \sigma^2} = \sum_{i=1}^n \frac{\frac{\partial F(a_i)}{\partial \sigma^2} - \frac{\partial F(r_i)}{\partial \sigma^2}}{F(a_i) - F(r_i)} = \sum_{i=1}^n \frac{(a_i - \bar{\mu})f(a_i) - (r_i - \bar{\mu})f(r_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0, \quad (4)$$

где

$$\frac{\partial F(r_i)}{\partial \mu} = -f(r_i) \text{ и } \frac{\partial F(r_i)}{\partial \sigma^2} = -\frac{x - \mu}{2\sigma^2} f(r_i).$$

Для решения такой системы равенств Troutbeck предложил для определения параметра μ задавать какое-либо значение параметра σ^2 . И, наоборот, для определения параметра σ^2 задавать какое-либо значение параметра μ . Итерации необходимо продолжать до момента, когда оценки параметров будут варьироваться незначительно. Такую процедуру легко можно осуществить с помощью модуля «Поиск решения» в MS-Excel. Значение математического ожидания m и среднеквадратического отклонения s^2 распределения граничных интервалов можно определить, как:

$$m = e^{\mu + 0,5\sigma^2} \quad (5)$$

и

$$s^2 = m^2(e^{\sigma^2} - 1). \quad (6)$$

Для расчета граничных интервалов необходимо выбрать для каждого рассмотренного транспортного средства соответственно пары значений самого большого отклоненного интервала и принятого интервала. Транспортные средства, которыми не было отклонено ни одного интервала, в данном случае не учитываются [16]. Следует отметить, что не рассматриваются и те пары значений, для которых величина принятого интервала меньше величины отклоненного. Функцию распределения всех наибольших отклоненных интервалов, а также функцию распределения принятых интервалов необходимо сопоставить друг с другом для каждого рассматриваемого нерегулируемого пересечения. Затем методом, который был описан выше, определяются параметры логнормального распределения. Математическое ожидание данного распределения и будет граничный интервал.

Для проверки методики определения граничного интервала с помощью метода максимального правдоподобия было рассмотрено два кольцевых пересечения в г. Иркутск.

Натурные обследования проводились с помощью видеокамеры. При этом было важно определить такую линию (рис. 1, а), при прохождении которой будет фиксироваться то или иное событие (например, момент времени прохождения этой линии транспортным средством, движущимся в главном направлении).

Для упрощения обработки видеоматериала был разработан программный модуль на базе MS-Access, позволяющий быстро фиксировать все временные интервалы (принятые и отклоненные). После обработки программа подготавливала для каждого транспортного средства пары значений принятого и максимального отклоненного интервалов. Дальнейшая обработка двух полученных столбцов осуществлялась в программах Statistica и MS-Excel.

Результаты оценки граничных интервалов, полученных по методике с применением метода максимального правдоподобия (рис. 1, б), представлены в табл. 1. Для сравнения представлены соответствующие значения согласно действующему немецкому руководству HBS 2001 [6].

Таблица 1.

Результаты оценки временных интервалов на кольцевых пересечениях
в сравнении с существующими зарубежными значениями (HBS 2001)

Место обследования	Граничный интервал		Интервал следования	
	Результаты	HBS 2001	Результаты	HBS 2001
Кольцевое пересечение в районе ул. Рабочего штаба	3,693	4,1	2,062	2,9
Кольцевое пересечение в районе ул. Байкальская	3,469	4,1	2,485	2,9

Очевидно, что значения граничного интервала и интервала следования, представленные в HBS 2001, являются значительно выше значений, полученных в результате данного исследования. Меньшие значения этих параметров соответствуют более высоким значениям пропускной способности второстепенного направления. Это объясняется тем, что в качестве примера в данном исследовании были рассмотрены крупные пересечения с нестандартной геометрией. Уширение проезжей части на подходах позволяло некоторым водителям более быстро въезжать в кольцевой поток. С другой стороны, отличие полученных значений от значений по HBS 2001 также можно объяснить такими факторами, как отсутствие разметки и особенность поведения водителей, характерная для данного региона (страны).

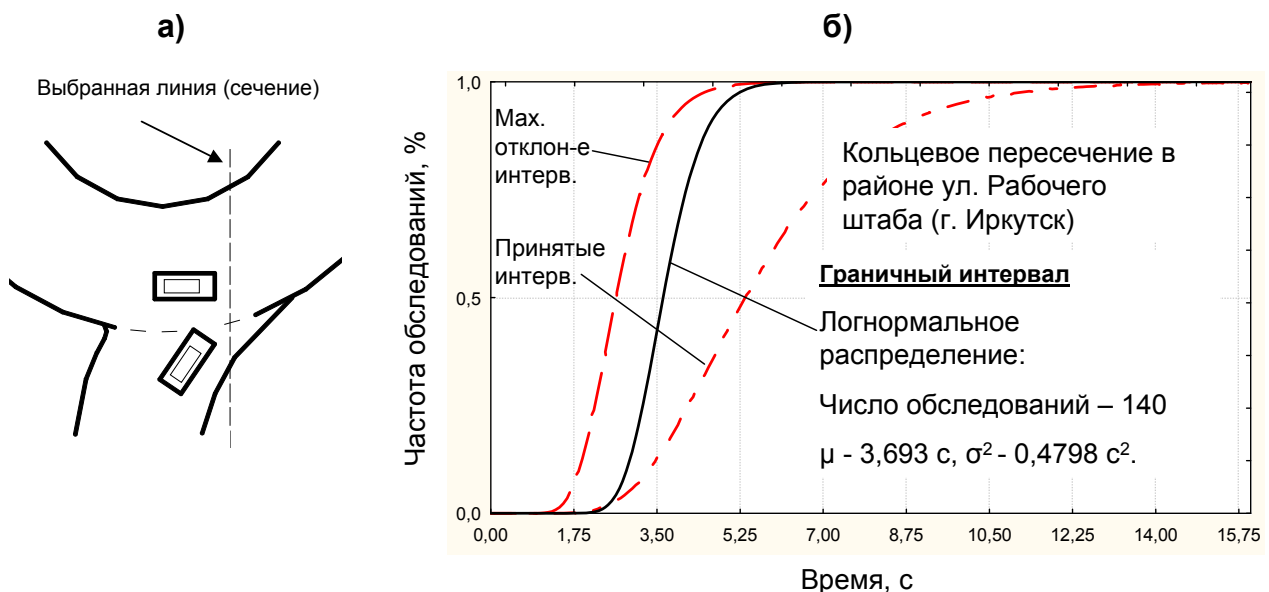


Рис. 1. Исследование параметров транспортного потока на кольцевых пересечениях: а) – выбор сечения; б) - результаты оценки граничных интервалов для одного из рассмотренных кольцевых пересечений в г. Иркутск

В данной работе был рассмотрен метод определения параметров транспортного потока на нерегулируемых и кольцевых пересечениях, которые является одним из наиболее эффективных методов в своем роде. По мнению автора, данный метод позволит эффективно оценить параметры транспортного потока, необходимые при проектировании и оценке эффективности нерегулируемых и кольцевых пересечений.

Литература

1. Ashworth R. A note on the selection of gap acceptance criteria for traffic simulation studies / Transportation Science Vol. 2, 1968, pp. 171 – 175
2. Ashworth R. The analysis and interpretation of gap acceptance data / Transportation Science Vol. 4, 1970, pp. 270 – 280
3. Brilon W., Koenig R., Troutbeck R.J. Useful Estimation Procedures for Critical Gaps / Proc. of the third international Symposium on Intersections Without Traffic Signals. Portland, Oregon, U.S.A., 1997, pp. 71 - 87
4. Cassidy M.J., Madanat S.M., Wang M.H., Yang F. Unsignalized intersection Capacity and Level of Service: Revisiting Critical Gap Transportation Research Board, 74th Annual Meeting, Washington D.C., 1995
5. Greenshields B.D., Shapiro D., Ericksen E.L. Traffic Performance at Urban Street Intersections. Technical Report No. 1, Yale Bureau of Highway Traffic, 1947
6. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001). – Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen, Koeln, Januar 2002.
7. Harders J. Grenz- und Folgezeitlücken als Grundlage für die Berechnung der Leistungsfähigkeit von Landstrassen / Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 216. Hrsg.: Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßebau, Bonn, 1968
8. Harders J. Die Leistungsfähigkeit nicht signal geregelter städtischer Verkehrsknoten / Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 76. Hrsg.: Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßebau, Bonn, 1976
9. Hewitt R.H. Analyse von Grenzzeitlücken durch Probit-Analyse / Straßenverkehrstechnik 3/1993, S. 142 – 148
10. Highway Capacity Manual. // TRB, Washington, DC, 2000. – 1134 p.
11. Maze T.H. A probabilistic Model of Gap Acceptance Behavior / Transportation Research Record 795 TRB, National Research Council, Washington, D.C. 1981, pp. 8 – 13
12. Raff M.S., Hart J.W. A volume Warrant For Urban Stop Signs. Eno Foundation for Highway
13. Siegloch W. Die Leistungsermittlung an Knotenpunkten ohne Lichtsignalsteuerung / Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 154. Hrsg.: Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßebau, Bonn, 1973
14. Teply S., Abou-Henaidy M.I., Hunt J.D. Gap acceptance behaviour – aggregate and logit perspectives: Part 2. Traffic Engineering & Control, October 1997b, pp. 540 – 544
15. Troutbeck R. Estimating the Critical Acceptance from Traffic Movements / Research Report 92-5. Queensland University of Technology, Brisbane, 1992
16. Weinert A. Grenz- und Folgezeitlücken an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlagen / Schriftenreihe Lehrstuhl für Verkehrswesen, Heft 23, Ruhr-Universität Bochum, 2001