

3. Нормы и правила проектирования систем электроснабжения трамваев и троллейбусов / АКХ им. Панфилова. – М.: АКХ, 1983. – 56 с.

4. Правила охорони праці на міському електричному транспорті: НПА ОП 60.2-1.01-06. Затв. 21.08.2006р. №546 / Мін-во України з питань надзвичайних ситуацій у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи; Зареєстр. 25.10.2006р. за №1146/13020 / Мін-во юстиції України. – К., 2006. – 128 с.

*Получено 04.09.2008*

УДК 658

**Н.И.КУЛЬБАШНАЯ**

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

### **ПРОГРЕССИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ АВАРИЙНОСТИ УЧАСТКОВ ГОРОДСКИХ ДОРОГ**

Рассматривается новый метод оценки безопасности движения в городских условиях по энтропийным характеристикам скоростей.

Данные о дорожно-транспортных происшествиях позволяют получить лишь частичную картину степени опасности движения. Существующие методы выявления опасных участков и прогнозирования аварийности на отдельных участках дорог зачастую не дают достаточной степени достоверности. В данное время единой научно обоснованной методики оценки безопасности движения в условиях города еще не выработано.

Решению подобного рода проблем посвящено значительное количество публикаций. Метод коэффициентов аварийности, предложенный В.Ф.Бабковым, имеет большое прогностическое значение, но вместе с тем не применим в условиях города, так как итоговый коэффициент аварийности теряет фактический смысл при значительном его росте [1]. Предложенный тем же автором метод коэффициентов безопасности в условиях города не находит широкого распространения, поскольку сложно обеспечить движение с максимально возможной скоростью. Наиболее простейшей и надежной метод оценки безопасности движения – «метод коэффициентов происшествий», не имеет достаточно обоснованной градации условий движения по данному критерию [2] и требует дальнейшей доработки. В последних публикациях предложено использовать энтропийные характеристики скоростей для оценки безопасности движения [3]. Но стоит поставить под сомнение внешний вид корреляционных зависимостей.

Поэтому актуальной научной задачей остается разработка новых и совершенствование существующих методов оценки безопасности движения для условий города.

Выбор и обоснование критерия для оценки безопасности можно сделать исходя из того, что деятельность водителей проходит под влиянием многокомпонентной системы различных факторов среды. Сложность системы можно характеризовать ее разнообразием. Под разнообразием понимается количество состояний, которые может принимать система. Количественной мерой сложности является максимальная энтропия системы, которая, согласно У.Р.Эшби, определяется из выражения [4]

$$H_m = \log_2 n, \quad (1)$$

где  $H_m$  – максимальная энтропия системы;  $n$  – число состояний системы.

Для характера оценки взаимодействия предлагается использовать показатель относительной организации взаимодействия по Г.Ферстеру [5]:

$$R = 1 - H / H_m, \quad (2)$$

где  $R$  – относительная организация взаимодействия;  $H$  – текущая энтропия взаимодействия;  $H_m$  – максимальная энтропия системы.

По величине относительной организации взаимодействия, которая лежит в пределах  $0 < R < 1$ , можно судить о детерминированности или стохастичности взаимодействия. При  $R = 1$  взаимодействие детерминированное, при  $R = 0$  случайное [6, 8].

Результатами управляющих действий водителя являются скорость и траектория движения. Проведенные исследования движения ходовой автомобильной лаборатории по населенным пунктам дорог Харьков – Москва и Харьков – Сумы позволили замерить скорости движения в свободном режиме.

На основании полученных данных рассчитана относительная организация взаимодействия  $R$ . Было доказано, что этот параметр находится в тесной корреляционной зависимости с коэффициентом происшествий, который рассчитывается по формуле [2]

$$K_{\text{пр}} = \frac{10^6 \cdot Z}{365 \cdot L \cdot N}, \quad (3)$$

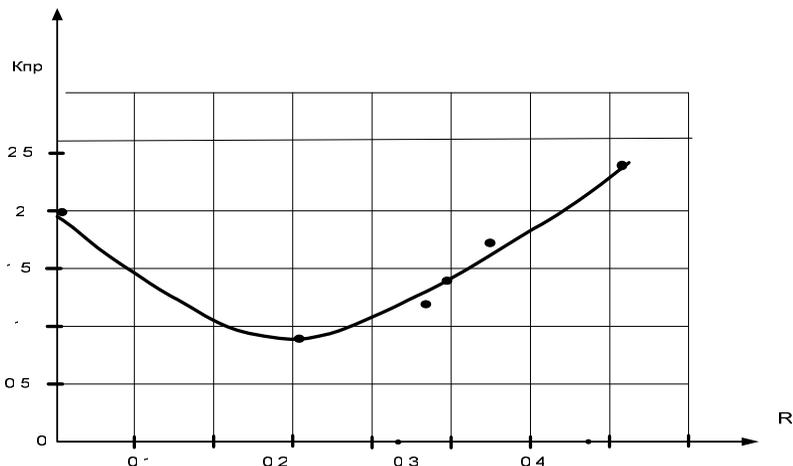
где  $K_{\text{пр}}$  – коэффициент происшествий;  $Z$  – количество дорожно-транспортных происшествий в год;  $N$  – среднегодовая суточная интенсивность движения в обоих направлениях, авт./сут.;  $L$  – длина участка дороги, км.

Оценку количества дорожно-транспортных происшествий выполняли на основе анализа собранного статистического массива данных

ГАИ за пять лет.

Анализ эмпирических данных показал криволинейный характер связи  $K_{\text{ПР}} = f(R)$  (рисунок). Обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов позволила получить эмпирическую формулу

$$K_{\text{ПР}} = 24,683R^2 - 9,226R - 1,867. \quad (4)$$



Влияние относительной организации движения на коэффициент происшествий

Тесноту связи между показателем относительной организации дорожного движения  $R$  и коэффициентом происшествий оценивали по величине корреляционного отношения, равного  $\eta_{K_{\text{ПР}}/R} = 0,9707$ .

Поскольку  $\eta_{K_{\text{ПР}}/R}$  близко к 1, то это свидетельствует о наличии сильной связи между  $K_{\text{ПР}}$  и  $R$ . Достоверность рассчитанного корреляционного отношения оценивалась по  $t$ -критерию Стьюдента. Квадратическая ошибка  $m_\eta = 0,05242$ , критерий достоверности  $t_p = 18,5177$ .

Поскольку рассчитанные значения  $t_p$  больше табличных  $t_T = 2,064$  для 5% обеспеченности, то можно считать, что рассчитанное корреляционное отношение вполне достоверно.

Анализ связи  $K_{\text{ПР}} = f(R)$  показывает наличие минимума происшествий при  $R = 0,2$ . Согласно классификации Э.В.Гаврилова, такая относительная организация взаимодействия соответствует квазидетерминированному состоянию транспортного потока [8].

При обработке результатов инженерно-психологического эксперимента необходимо проверить влияние какого-либо фактора на исследуемый показатель деятельности [7].

Среднее значение и дисперсию измеряемой величины на  $i$ -уровне изменения фактора определяем по формулам:

$$K_{\text{пр}i} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N K_{\text{пр}ij}; \quad (5)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (K_{\text{пр}ij} - \bar{K}_{\text{пр}i})^2. \quad (6)$$

Данные расчетов при обработке результатов эксперимента сводим в таблицу.

Статистические параметры обработки экспериментальных данных

$R$	$K_{\text{пр}i}$	$f_i$	$\bar{K}_{\text{пр}i}$	$\sigma_i^2$
0	0,4466; 3,1257; 0,4466; 0,4466; 4,9117	5-1=4	1,8754	7,0442
0,21805	0,4466; 0,4466; 1,3396; 1,3396; 1,3396;	5-1=4	0,9825	0,3987
0,28999	0,4466; 0,4466; 1,3396; 2,2327	4-1=3	1,1164	1,2186
0,2984	0,4466; 2,2327	2-1=1	1,3396	2,6589
0,30852	0,4466; 0,4466; 2,2327; 3,1257	4-1=3	1,5629	2,9905
0,41333	0,4466; 1,3396; 4,9117	3-1=2	2,2327	9,3036
		$\Sigma f = 17$	$\bar{K}_{\text{пр}} = 1,5183$	$\sigma^2 = 3,9357$

Определяем дисперсию воспроизводимости

$$\sigma^2 = \frac{\sum_1^N f_i \sigma_i^2}{\sum_1^w f_i}. \quad (7)$$

Далее находим величину [7]

$$\frac{1}{c} \left\{ f \lg \sigma^2 - \sum f_i \lg \sigma_i^2 \right\}, \quad (8)$$

где  $c = 0,4343 \left[ 1 + \frac{1}{3(N-1)} \left\{ \sum_1^N \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f} \right\} \right] = 0,5098$ .

Здесь число степеней свободы равно  $N - 1$ , где  $N$  – число сравнивае-

мых дисперсий. Согласно Бартлета, величина  $\frac{1}{c} \left\{ \Lambda \lg \sigma^2 - \sum f_i \lg \sigma_i^2 \right\}$

приближенно подчиняется  $\chi^2$ -распределению с  $(N-1)$  степенями свободы. Критерий Бартлета базируется на нормальном распределении [7]

$$\chi^2 = \frac{1}{c} \left\{ \Lambda \lg \sigma^2 - \sum f_i \lg \sigma_i^2 \right\} = 7,6660. \quad (9)$$

Табличное значение критерия Пирсона  $\chi^2_{\text{табл}} = 11,1$  для  $p = 0,05$  и числа степеней свободы  $6 - 1 = 5$ . Поскольку  $\chi^2 < \chi^2_{\text{табл}}$ , то дисперсии однородны.

В этой связи можно говорить о большой информативности относительной организации взаимодействия  $R$  с точки зрения безопасности движения, что позволяет использовать этот показатель для оценки аварийности участков городских дорог.

Таким образом, разработан новый метод оценки аварийности участков городских дорог, который позволит на стадии проектных разработок решать вопросы обеспечения безопасности движения.

1.Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.

2.Лобанов Е.М., Визгалов В.М., Шевяков А.П. и др. Проектирование и изыскание пересечений автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1972. – 232 с.

3.Гаврилов Э.В., Линник И.Э., Банатов А.В. Оценка безопасности движения в городских условиях // Вестник ХНАДУ. Вып.53. – Харьков, 2003. – С.57-62.

4.Эшби У. Введение в кибернетику. – М.: Инф. листок, 1958. – 432 с.

5.Ферстер Г. Саморегулирующиеся системы. – М.: Мир, 1964. – 423 с.

6.Гаврилов Э.В., Гридчин А.М., Ряпухин В.Н. Системное проектирование автомобильных дорог. Ч.1. – Москва – Белгород: АСВ, 1998. – 138 с.

7.Смирнов Б.А. Инженерная психология. – К.: Вища школа, 1979. – 191 с.

8.Шутенко Л.Н., Гаврилов Э.В. Эргономическая классификация типов транспортных потоков на автомобильных дорогах // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.51. – К.: Техніка, 2003. – С.181-185.

*Получено 04.09.2008*