

УДК 656.025.510.223

Энтропийные характеристики в моделях согласования смежных участков дорог

Асп. Н. И. Кульбашная¹⁾

¹⁾Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова
(Харьков, Республика Украина)

© Белорусский национальный технический университет, 2016
Belarusian National Technical University, 2016

Реферат. Рассмотрено применение энтропийных характеристик в качестве критериев по согласованию условий на смежных участках дорог. Доведено, что энтропийные характеристики нашли широкое применение в методах, учитывающих информационное воздействие среды на водителей, и в механизмах по созданию таких условий движения, которые обеспечивали бы сохранение оптимального уровня эмоциональной напряженности водителя при движении по дороге. Решение такой задачи рассматривается в аспекте согласования условий движения на смежных участках дорог, что в свою очередь направлено на исключение возникновения переходных процессов у водителя. За основу разработки методики согласования условий движения на смежных участках дорог принята концепция Э. В. Гаврилова по согласованию определенных параметров участков, которые могут быть выражены через энтропийные характеристики. Предлагается выбор критериев согласования производить в зависимости от показателей аварийности, ввиду того что движение по смежным участкам, где условия резко изменяются, может привести к созданию аварийной ситуации. В качестве энтропийных характеристик выбраны относительные организации поля восприятия водителя и взаимодействия водителя со средой движения. Поэтому в статье данные показатели поставлены в зависимость от коэффициента происшествий. Результаты исследований показали наличие сильной корреляционной связи относительной организации поля восприятия водителя и относительной организации взаимодействия водителя со средой движения от коэффициента происшествий. Также результаты проведенного эксперимента подтвердили влияние коэффициента происшествий на исследуемые энтропийные характеристики.

Ключевые слова: энтропийные характеристики, коэффициент происшествий, дорожная среда, согласование, смежный участок, относительная организация взаимодействия

Для цитирования: Кульбашная, Н. И. Энтропийные характеристики в моделях согласования смежных участков дорог / Н. И. Кульбашная // *Наука и техника*. 2016. Т. 15, № 1. С. 78–84

Entropy Characteristics in Models for Coordination of Neighboring Road Sections

N. I. Kulbashnaya¹⁾

¹⁾O. M. Beketov National University of Urban Economy (Kharkov, Republic of Ukraine)

Abstract. The paper considers an application of entropy characteristics as criteria to coordinate traffic conditions at neighboring road sections. It has been proved that the entropy characteristics are widely used in the methods that take into account information influence of the environment on drivers and in the mechanisms that create such traffic conditions which ensure preservation of the optimal level of driver's emotional tension during the drive. Solution of such problem is considered in the aspect of coordination of traffic conditions at neighboring road sections that, in its turn, is directed on exclusion of any driver's transitional processes. Methodology for coordination of traffic conditions at neighboring road sections is based on the E. V. Gavrilov's concept on coordination of some parameters of road sections which can be expressed in the entropy characteristics. The paper proposes to execute selection of coordination criteria according to accident rates because while moving

Адрес для переписки

Кульбашная Надежда И.
Харьковский национальный университет
городского хозяйства имени А. Н. Бекетова
ул. Революции, 12,
61002, г. Харьков, Республика Украина
Тел.: +380 57 707-32-14
kulbaka.nadya@yandex.ru

Address for correspondence

Kulbashnaya Nadezhda I.
O. M. Beketov National University
of Urban Economy
12 Revolution str.,
61002, Kharkov, Republic of Ukraine
Tel.: +380 57 707-32-14
kulbaka.nadya@yandex.ru

along neighboring road sections traffic conditions change drastically that can result in creation of an accident situation. Relative organization of a driver's perception field and driver's interaction with the traffic environment has been selected as entropy characteristics. Therefore, the given characteristics are made conditional to the road accidents rate. The investigation results have revealed a strong correlation between the relative organization of the driver's perception field and the relative organization of the driver's interaction with the traffic environment and the accident rate. Results of the executed experiment have proved an influence of the accident rate on the investigated entropy characteristics.

Keywords: entropy characteristics, road accident rate, road environment, coordination, neighboring section, relative organization of interaction

For citation: Kulbashnay N. I. (2016) Entropy Characteristics in Models for Coordination of Neighboring Road Sections. *Science & Technique*. 15 (1), 78–84 (in Russian)

Для формирования методических основ анализа и оценки состояния среды движения существенное значение на современном этапе имеет применение новых областей знаний, использование которых предполагает целенаправленное оптимальное управление сложными динамическими системами, к которым относятся, в частности, и система «водитель – автомобиль – дорожная среда». Применение теории информации позволило прийти к новым подходам по решению проблемы выявления и оценки аварийно-опасных участков на автомобильных дорогах общего пользования. Актуальное направление математического анализа – энтропийные методы [1, 2], в основе которых лежит использование энтропийных характеристик в качестве критериев оценки функционирования системы, в частности системы «водитель – автомобиль – дорожная среда».

Применение методов, базирующихся на энтропии, решает задачу неоднородности в системе [3, 4]. Неоднородность среды движения как системы обусловлена тем, что она содержит большое число разнородных элементов, влияние которых на водителя может быть определено по-разному. И это создает трудности, когда необходимо выделить наиболее важный параметр для определения функционирования системы.

Таким образом, энтропийные характеристики, оценивающие информационную нагрузку водителя, могут являться параметрами оценки взаимодействия водителя с дорожной средой. Значимость исследования такого взаимодействия актуальна на участках дорог, где быстро меняется дорожная обстановка. Особо неблагоприятным является сочетание участков, на которых условия движения резко изменяются. В таких случаях процесс психологического

восприятия водителем дорожной обстановки сопровождается периодическими всплесками эмоциональной напряженности, вызываемыми возникновением переходного процесса у водителя. Все это может способствовать развитию усталости водителя, вызывать его ошибочные действия и приводить к созданию аварийной ситуации. Чтобы избежать подобных ситуаций, необходимо создание таких условий движения, которые обеспечивали бы сохранение оптимального уровня эмоциональной напряженности водителя при движении по дороге. Выход для решения данных проблем может быть найден путем согласования смежных участков дорог.

Существует метод согласования смежных участков дорог по скоростям движения, разработанный В. Ф. Бабковым [4]. Несмотря на простоту подхода к вопросу, в нем не учитывается вариабельность скоростей движения возле границы участка, что не позволяет исключить неоднородность и неоднозначность воздействия среды движения на водителя.

В дальнейшем широкое применение нашли методы, учитывающие информационное воздействие среды на водителей и механизм влияния мероприятий психологического характера на скорость движения. Методы теории информации для оценки взаимодействия водителя со средой движения достаточно широко применялись в исследованиях.

Э. В. Гаврилов применил энтропийные характеристики при оценке надежности взаимодействия водителя со средой движения и согласно такому подходу выявил условие адекватности между водителем и средой движения [4, 5]. Э. В. Гавриловым, И. Э. Линник и А. В. Банатовым значение максимальной энтропии используется во взаимосвязи с града-

цией показателей функционального состояния водителей для оценки безопасности дорожного движения в городских условиях [6].

В исследованиях Л. А. Коваленко оценено влияние информационных характеристик поля восприятия водителя на выбор дистанции между транспортными средствами, а также выявлена связь пропускной способности с информационными характеристиками среды движения [7].

Х. Креспо в исследованиях применял информационные характеристики поля восприятия водителей для оптимизации элементов дорожной обстановки при планировании мероприятий по повышению уровня удобства движения [8].

Рассмотренные методы, учитывающие информационное взаимодействие водителя со средой движения, имеют большое практическое значение, но не решают вопрос обеспечения постоянства и плавности движения путем целенаправленного регулирования информационной загрузки водителя.

Наиболее близко к решению данной проблемы подошел М. В. Саркисян. Исследования данного автора заключаются в разработке модели информационного взаимодействия водителя со средой движения и алгоритма регулирования функциональных норм скоростей движения при помощи направленного воздействия на информационные характеристики поля восприятия водителя [9].

Н. С. Голованенко предлагает использовать энтропийные характеристики как системообразующие факторы для оценки поведения водителя на дороге и объективной характеристики условий движения. Для направленного формирования среды движения с целью регулирования скоростей движения в предшествующих и последующих ситуациях предлагается использовать нормы информационных характеристик поля восприятия водителя [10]. Данный метод определяет только основные направления работ по управлению эргономическим качеством дорог и условий движения, но не дает градацию изменений информационных характеристик вдоль дороги с точки зрения опасности движения.

Таким образом, методы целенаправленного формирования среды движения вдоль дороги,

нацеленные на исключение возникновения переходных процессов у водителя, до настоящего времени остаются не доработанными и требуют нового подхода, а именно согласования условий на смежных участках дорог.

Продуктивным способом согласования параметров смежных участков дороги является метод, предложенный Э. В. Гавриловым. По его теории, согласование смежных участков дорог заключается в согласовании индивидуальных норм водителей, действующих на участках. Параметры индивидуальных норм могут быть найдены через информационные характеристики среды движения: максимальную и текущую энтропию или относительную организацию поля восприятия водителя [11].

В [12] показано, что для согласования смежных участков дорог не обязательно обеспечивать на них одинаковые параметры, а необходимо достичь минимального расхождения суммарной информационной загрузки водителя на смежных участках. Такой подход дает возможность получить комплексный результат воздействия среды движения на водителя.

Цель данной статьи – подобрать параметры, которые могли бы быть использованы как критерии для согласования условий на смежных участках с точки зрения безопасности движения и отражали все этапы процесса согласования: обеспечивали совместимость условий среды движения с деятельностью водителей и возможность привести в необходимое соответствие условия движения на близлежащих участках.

В качестве критерия взаимодействия участников движения со средой используется значение относительной организации, которая определяется по формуле Г. Ферстера [13]

$$R = 1 - \frac{H}{H_m}, \quad (1)$$

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.

Как показано в [12], согласование условий на смежных участках дорог сводится к согласованию значений относительной организации поля восприятия водителя $R_{пв}$. Значение данного показателя определяется через величину текущей энтропии, которая зависит от количества объектов, расположенных в пределах поля восприятия водителя, и вероятности нахождения каждого из объектов поля восприятия в опасном для движения состоянии [11].

Как известно, воздействие объектов среды движения на водителя влияет на изменение его скорости движения. Фиксирование скорости в определенные промежутки времени позволяет получить вариabельность скоростей движения. Такая вариabельность скорости, как любая неопределенность и неоднозначность, может быть выражена через значения энтропийных характеристик, в частности через значения относительной организации взаимодействия водителя со средой движения R_v .

Таким образом, прослеживается определенная взаимосвязь между двумя рассматриваемыми показателями. Если оценивать данные показатели с точки зрения безопасности движения, то можно поставить их в зависимость от коэффициента происшествий $K_{пр}$.

Анализ эмпирических данных показал криволинейный характер связи $K_{пр} = f(R_v)$ и $K_{пр} = f(R_{пв})$ (рис. 1). Обработка экспериментальных данных методом наименьших квадра-

тов позволила получить эмпирические формулы:

$$K_{пр} = 40,762R_v^2 - 18,776R_v + 3,4873; \quad (2)$$

$$K_{пр} = 146,56R_{пв}^2 - 107,27R_{пв} + 21,05. \quad (3)$$

Теснота связи между показателем относительной организации взаимодействия R_v с коэффициентом происшествий оценивалась по величине индекса корреляции, равно-го $r = 0,776$.

Поскольку $r > 0,7$, это подтверждает гипотезу о наличии сильной связи $K_{пр} = f(R_v)$. Достоверность индекса корреляции оценивали по t -критерию Стьюдента. Квадратическая ошибка $m_\eta = 0,07096$, критерий достоверности $t_p = 10,936$. Поскольку рассчитанные значения t_p больше табличных $t_m = 3,29$ для 0,1%-й обеспеченности, можно принять, что рассчитанное корреляционное отношение вполне достоверно.

Аналогично связь между относительной организацией поля восприятия $R_{пв}$ с коэффициентом происшествий $K_{пр}$ оценивали по величине индекса корреляции $r = 0,743$, что подтверждает гипотезу о наличии сильной связи $K_{пр} = f(R_{пв})$. Достоверность индекса корреляции оценивали по t -критерию Стьюдента. Квадратическая ошибка $m_\eta = 0,1033$, критерий достоверности $t_p = 7,191$. Поскольку рассчитанные значения t_p больше табличных $t_m = 3,54$ для 0,1%-й обеспеченности, можно принять, что рассчитанное корреляционное отношение вполне достоверно.

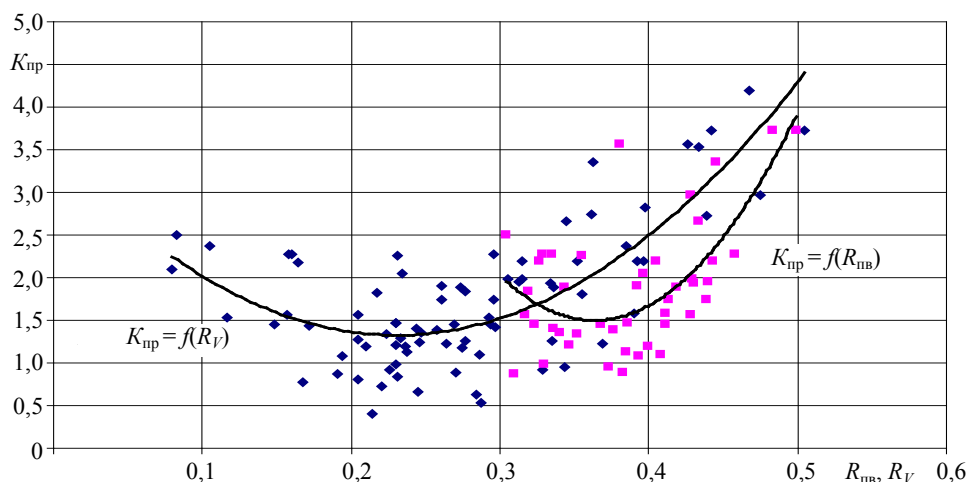


Рис. 1. Зависимость показателей R_v и $R_{пв}$ от коэффициента происшествий $K_{пр}$

Fig. 1. Dependence of R_v and $R_{пв}$ indices on accident rate $K_{пр}$

При обработке результатов эксперимента необходимо проверить влияние какого-либо фактора на исследуемый показатель деятельности. Поэтому рассмотрим, как влияет коэффициент происшествий на показатели R_V и $R_{пв}$.

Среднее значение и дисперсия измеряемой величины на i -м уровне изменения фактора определяются по формулам [14, 15]:

$$\bar{K}_{при} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_{при}; \quad (4)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (K_{при} - \bar{K}_{при})^2. \quad (5)$$

Результаты первого эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1

Обработка результатов первого эксперимента
Processing of the first experiment results

R	f_i	$\bar{K}_{при}$	$\sum_{i=1}^N f_i \sigma_i^2$	σ_i^2
0,1104	4 – 1 = 3	2,3015	0,5883	0,1961
0,1711	9 – 1 = 8	1,5180	3,5976	0,4497
0,2318	27 – 1 = 26	1,2367	5,5796	0,2146
0,2925	18 – 1 = 17	1,5255	3,6635	0,2155
0,3532	11 – 1 = 10	1,6482	7,8520	0,7852
0,4139	8 – 1 = 7	2,3528	4,3946	0,6278
0,4746	4 – 1 = 3	3,5220	0,6438	0,2146
	$\Sigma = 74$		$\Sigma = 26,3190$	

Полученные экспериментальные данные имеют различное число повторных опытов. Поэтому проверку воспроизводимости экспериментальных данных осуществим с помощью критерия Бартлетта [16]

$$U^2 = \frac{1}{c} \left\{ f \lg \sigma^2 - \sum f_i \lg \sigma_i^2 \right\}, \quad (6)$$

с учетом, что $c = 0,4343 \left[1 + \frac{1}{3(N-1)} \left\{ \sum_{i=1}^N \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f} \right\} \right]$;

$f = \sum f_i$, где N – число сравниваемых дисперсий; $(N-1)$ – то же степеней свободы; f_i – то же степеней свободы в i -й серии; $f_i = n_i - 1$; n_i – то

же зарегистрированных попаданий в i -й серии; σ_i^2 – дисперсия в i -й серии эксперимента; σ^2 – то же воспроизводимости.

Расчет дает значение $c = 0,4593$.

Дисперсия воспроизводимости определяется по формуле согласно [16]

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N f_i \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^N f_i}. \quad (7)$$

Расчет дает величину $\sigma^2 = 0,3557$.

Согласно критерию Бартлетта величина U^2 приблизительно подчиняется χ^2 – распределению с $(N-1)$ степенями свободы. Критерий Бартлетта базируется на нормальном распределении [16]

$$\chi^2 = \frac{1}{c} \left\{ f \lg \sigma^2 - \sum f_i \lg \sigma_i^2 \right\} = 10,5828. \quad (8)$$

Табличное значение критерия Пирсона $\chi^2_{табл} = 12,6$ для $p = 0,05$ и числа степеней свободы $7 - 1 = 6$. Поскольку $\chi^2 < \chi^2_{табл}$, дисперсии однородны.

Результаты второго эксперимента приведены в табл. 2.

Проверим влияние коэффициента происшествий на относительную организацию взаимодействия поля восприятия водителя.

Таблица 2

Обработка результатов второго эксперимента
Processing of the second experiment results

R	f_i	$\bar{K}_{при}$	$\sum_{i=1}^N f_i \sigma_i^2$	σ_i^2
0,3206	9 – 1 = 8	1,7425	1,8200	0,2275
0,3530	8 – 1 = 7	1,7028	0,7966	0,1138
0,3855	9 – 1 = 8	1,4245	1,3648	0,1706
0,4179	11 – 1 = 10	1,9738	3,1033	0,3103
0,4504	5 – 1 = 4	2,2513	2,0932	0,5233
0,4829	2 – 1 = 1	3,4915	0	0
	$\Sigma = 38$		$\Sigma = 9,1776$	

Расчет дает значения: $c = 0,4808$ и $\sigma^2 = 0,2415$.

Табличное значение критерия Пирсона $\chi^2_{\text{табл}} = 11,1$ для $p = 0,05$ и числа степеней свободы $6 - 1 = 5$. Поскольку $\chi^2 = 1,3556$, т. е. $\chi^2 < \chi^2_{\text{табл}}$, тогда дисперсии однородны.

В этой связи можно говорить о большой информативности параметров R_V и $R_{\text{пв}}$ для оценки опасности участков дорог и использовать эти показатели в качестве критериев для согласования условий на смежных участках дорог.

ВЫВОД

Установлено, что энтропийные характеристики – относительная организации поля восприятия водителя и относительная организация взаимодействия водителя со средой движения – могут быть использованы в качестве критериев для согласования условий на смежных участках дорог.

Использование этих критериев в дальнейших исследованиях может осуществляться поэтапно:

- на первом этапе – по относительной организации поля восприятия водителя, что позволяет привести в соответствие деятельность водителя с дорожной средой и далее минимизировать разницу суммарной информационной нагрузки на смежных участках;
- на втором этапе – по относительной организации взаимодействия водителя со средой движения, что позволяет привести в соответствие вариабельности скоростей движения на смежных участках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gray, R. M. *Entropy and Information Theory* / R. M. Gray. Springer, 2011. 409 p.
2. Marek, J. *Traffic Environment and the Driver. Driver Behavior and Training in International Perspective* / J. Marek, T. Sten. Springfield: Thomas, 1977. 248 p.
3. *Entropy, Search, Complexity* / I. Csizsar [et al.]. Springer, 2007. 264 p.
4. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В. Ф. Бабков. М.: Транспорт, 1982. 288 с.
5. Cover, T. M. *Elements of Information Theory* / T. M. Cover, J. A. Thomas. Wiley-Interscience, 2006. 748 p.
6. Гаврилов, Э. В. Оценка безопасности движения в городских условиях / Э. В. Гаврилов, И. Э. Линник, А. В. Банатов // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожного університету. 2002. Вип. 17. С. 57–62.

7. Коваленко, Л. А. Оценка пропускной способности двухполосных автомобильных дорог с учетом закономерностей поведения водителей / Л. А. Коваленко. Киев: НТУ, 2003. 20 с.
8. Креспо, Х. Планирование мероприятий по повышению уровня удобства движения на двухполосных автомобильных дорогах / Х. Креспо. Харьков: ХНАДУ, 1991. 278 с.
9. Саркісян, М. В. Удосконалення методів психологічного і примусового регулювання швидкостей руху на автомобільних дорогах / М. В. Саркісян. Харьков: ХНАДУ, 2003. 20 с.
10. Голованенко, Н. С. Оценка эргономического качества автомобильных дорог и условий движения / Н. С. Голованенко. Харьков: ХАДИ, 1986. 25 с.
11. Гаврилов, Э. В. Системное проектирование автомобильных дорог / Э. В. Гаврилов, А. М. Гридчин, В. Н. Ряпунин. Белгород: Изд-во АСВ, 1998. Ч. 1. 138 с.
12. Кульбашная, Н. И. Формирование информационных характеристик среды движения на участках дорог / Н. И. Кульбашная // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожного університету. 2013. Вип. 61–62. С. 243–247.
13. Фоерстер, Г. Саморегулирующиеся системы / Г. Фоерстер. М.: Мир, 1964. С. 5–23.
14. Основы научных исследований / В. И. Крутов [и др.]. М.: Высш. шк., 1989. 400 с.
15. Spellman, F. R. *Handbook of Mathematics and Statistics for the Environment* / F. R. Spellman, N. E. Whiting. CRC Press. 2013. 860 p.
16. Системологія на транспорті / заг. ред. Ф. М. Дмитріченко, Е. В. Гаврилов [та ін.]. Киев: Знання України, 2007. Кн. II: Технологія наукових досліджень і технічної творчості. 318 с.

Поступила 04.05.2015

Подписана в печать 10.07.2015

Опубликована онлайн 22.01.2016

REFERENCES

1. Gray R. M. (2011) *Entropy and Information Theory*. Springer. 409. Doi: 10.1007/978-1-4419-7970-4.
2. Marek J., Sten T. (1977) *Traffic Environment and the Driver. Driver Behavior and Training in International Perspective*. Springfield, Thomas. 248.
3. Csizsar I., Katona G., Tardos G. (Eds.) (2007) *Entropy, Search, Complexity*. Springer. 264.
4. Babkov V. F. (1982) *Road Conditions and Traffic Safety*. Moscow, Transport. 288 (in Russian).
5. Cover T. M., Thomas J. A. (2006) *Elements of Information Theory*. Wiley-Interscience. 748.
6. Gavrilov E. V., Linnik I. E., Banatov A. V. (2002) Evaluation of Traffic Safety under Urban Conditions. *Visnik Kharkivskogo Natsionalnogo Avtomobilno-Dorozhnogo Universitetu* [Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University], (17), 57–62 (in Russian).

7. Kovalenko L. A. (2003) *Otsenka Propusknoi Sposobnosti Dvukhpolosnykh Avtomobilnykh Dorog s Uchetom Zakonomernosti Povedeniia Voditelei* [Evaluation of Two-Way Automobile Road Capacity with Due Account of Regularities in Drivers Behavior]. Kiev: National Technical University. 20 p. (in Russian).
8. Krespo Kh. (1991) *Planirovanie Meropriiatii po Povysheniiu Urovnia Udobstva Dvizheniia na Dvukhpolosnykh Avtomobilnykh Dorogakh* [Planning of Measures on Improvement of Traffic Convenience on Two-Way Automobile Roads]. Kharkiv: Kharkiv National Automobile and Highway University. 278 p. (in Russian).
9. Sarkisian M. V. (2003) *Udoskonalennia Metodiv Psikhologichnogo i Primusovogo Reguliuvannia Shvidkosti Rukhu na Avtomobil'nikh Dorogakh* [Improvement of Methods for Psychological and Forced Regulation of Driving Speed on Automobile Roads]. Kharkiv: Kharkiv National Automobile and Highway University. 20 p. (in Ukrainian).
10. Golovanenko N. S. (1986) *Otsenka Ergonomicheskogo Kachestva Avtomobilnykh Dorog i Uslovii Dvizheniia* [Evaluation of Ergonomic Quality of Automobile Roads and Traffic Conditions]. Kharkov: Kharkov Automobile and Road Institute. 25 p. (in Russian).
11. Gavrilov E. V., Gridchin A. M., Riapukhin V. N. (1998) *System Designing of Automobile Roads. Part. 1*. Belgorod, Publishing House ASV. 138 p. (in Russian).
12. Kulbashnaya N. I. (2013) Formation of Data Characteristics of Traffic Environment on Road Sections. *Visnik Kharkivskogo Natsionalnogo Avtomobilno-Dorozhnogo Universitetu* [Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University], (61–62), 243–247 (in Russian).
13. Foerster H. (1964) *Self-Regulating Systems*. Moscow, Mir, 5–23 (in Russian).
14. Krutov V. I., Grushko I. M., Popov V. V., Savelev A. Ia., Sumarokov L. N., Venikov V. A., Kogdov N. M., Timofeeva O. V., Chus A. V., Momot A. I. (1989) *Fundamentals of Research Investigations*. Moscow, Vysshaya Shkola. 400 p. (in Russian).
15. Spellman F. R., Whiting N. E. (2013) *Handbook of Mathematics and Statistics for the Environment*. CRC Press. 860 p.
16. Gavrilov E. V., Dmitrichenka F. M., Dolia V. K., Lano-vii O. T., Linnik I. E., Polishchuk V. P. (2007) *Systematology for Transport. Book. II: Technology of Research Investigations and Technical Creativity*. Kiev: Znannya Ukrainy. 318 p. (in Ukrainian).

Received: 04.05.2015

Accepted: 10.07.2015

Published online: 22.01.2016