

УДК.656.025.510.223

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДЫ ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКАХ ДОРОГ

Н.И. Кульбашная, ст. преподаватель, Харьковская национальная академия городского хозяйства

Аннотация. Предложена модель согласования смежных участков дорог на основе информационных характеристик среды движения.

Ключевые слова: модель, смежный участок, согласование, энтропийные характеристики, целевая функция.

ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕРЕДОВИЩА РУХУ НА ДІЛЯНКАХ ДОРІГ

Н.І. Кульбашна, ст. викладач, Харківська національна академія міського господарства

Анотація. Запропоновано модель узгодження суміжних ділянок доріг на основі інформаційних характеристик середовища руху.

Ключові слова: модель, суміжна ділянка, узгодження, ентропійні характеристики, цільова функція.

FORMATION OF INFORMATIONAL CHARACTERISTICS OF TRAFFIC ENVIRONMENT AT PARTICULAR ROAD SECTIONS

N. Kulbashna, senior teacher, Kharkov National Academy of Municipal Economy

Abstract. The coordinating model of contiguous road sectors on the basis of information characteristics of traffic environment is offered.

Key words: model, contiguous sector, concordance, entropic characteristics, specified purpose.

Введение

Процесс психологического восприятия водителем дорожной обстановки сопровождается периодическими всплесками эмоциональной напряженности. Это объясняется тем, что дорожная среда как система, в которой осуществляется деятельность водителя, не однородна по своему составу и включает набор различных элементов инженерно-технического обеспечения. Сочетание участков, на которых условия движения резко меняются, может способствовать развитию усталости водителя и вызывать его ошибочные действия. Особо опасные ситуации возникают при выезде с «легкого» участка, на

котором водитель пребывает в расслабленном состоянии, на «сложный» участок, когда эмоциональное состояние водителя резко изменяется. Все это может привести к созданию аварийной ситуации.

Поэтому вопрос сохранения оптимального уровня эмоциональной напряженности водителя при движении по дороге является актуальным для обеспечения безопасности дорожного движения. Решение данной проблемы возможно путем согласования смежных участков дорог, чтобы при переходе с участка на участок не происходило нежелательных скачков эмоционального состояния водителя.

Анализ публикаций

Анализ литературных данных показывает, что согласование смежных участков дорог до сих пор является нерешенной проблемой. Первоначально исследования некоторых авторов были направлены на сохранение в период движения оптимального уровня эмоциональной напряженности водителя посредством изменения параметров отдельных участков дорог.

Исследованиями Б.С. Муртазина [1] установлено, что при проезде извилистых участков дороги на скорость движения автомобиля, помимо радиуса закругления, существенно влияют геометрические характеристики смежных кривых, а также расстояние между ними. Б.С. Муртазин определил оптимальную длину прямых вставок между смежными обратными кривыми малых радиусов на горных дорогах, исходя из ряда показателей, в том числе кожно-гальванической реакции, затрат мышечной энергии на управление автомобилем и угловой скорости поперечных колебаний автомобиля.

В.П. Варлашкин [2], исследуя движение по горной дороге по кривым с радиусами 60 м, выявил несомненное влияние обстановки дороги на скорость движения и эмоциональную напряженность водителя, характеризовавшуюся относительным приростом кардиограммы по сравнению с предшествующим прямым участком.

По результатам работ В.П. Варлашкина и Б.С. Муртазина В.В. Новизенцев [3] провел ряд исследований и подошел к решению вопроса постоянства эмоционального напряжения водителя при проезде горизонтальных кривых в зависимости от уровня загрузки дороги.

Заметную роль в разработке ландшафтного проектирования, которое направлено на обеспечение плавности сопряжения между собой элементов трассы дорог и гармонического сочетания их с окружающим ландшафтом, сыграли многолетние исследования проф. Ганса Лоренца. В качестве необходимого условия обеспечения плавности трассы Г. Лоренц предложил руководствоваться «законом непрерывности», требующим непрерывного и плавного изменения кривизны трассы, исключая, за счет применения

переходных кривых, появление скачкообразных изменений кривизны пространственной линии.

И.В. Бегма, Е.С. Тамаревская предложили оценивать зрительную плавность дороги величиной отклонения точек криволинейного отрезка оси дороги от прямой [4]. Эта величина назначается с учетом остроты зрения, которая характеризуется минимальным расстоянием между объектами, различимыми человеком. Исследования, проведенные Е.М. Лобановым, позволили развивать предложенный метод и получить аналитические зависимости для оценки зрительной плавности трассы [5].

Профессором В.Ф. Бабковым был предложен метод согласования смежных участков дорог по скоростям движения [6]. В качестве критерия рассматривается значение коэффициента безопасности, представляющего собой отношения скоростей движения на смежных участках.

Продуктивным способом согласования параметров смежных участков дороги является метод согласования программ поведения водителей, предложенный Г.В. Корневым [7].

Согласовать эти программы, по Э.В. Гаврилову [8] – значит, найти такие элементы среды движения на втором участке, которые в момент перехода с участка на участок не приведут к нежелательным переходным процессам. В результате согласования должна быть обеспечена динамическая плавность движения по дороге.

Наиболее продуктивным способом в этом отношении является концепция профессора Э.В. Гаврилова, в соответствии с которой согласование сводится к согласованию индивидуальных норм поведения водителей, действующих на смежных участках [9].

Цель и постановка задачи

Таким образом, существующие методы согласования смежных участков дорог в основном имеют ряд недостатков, связанных с недоработкой и недостаточной обоснованностью критериев.

Все вышеизложенное позволяет сформулировать следующую цель – разработать поря-

док согласования условий движения на смежных участках дорог по критериям социальной адекватности. Поэтому в данной статье решается задача поиска показателей согласования на смежных участках дорог и постановки целевой функции.

Новый подход к согласованию смежных участков дорог

Ранее рассмотрен случай согласования программ поведения для движения с обгоном на участке дороги с различной максимальной энтропией полей восприятия водителя, т.е. $H_m \neq \text{const}$ [10].

Доказано, что для того чтобы программы были согласованными, необходимо, чтобы при переходе с участка на участок выполнялось условие равенства индивидуальных норм скоростей движения на первом и втором участках

$$V_{\Sigma H}^{(1)} = V_{\Sigma H}^{(2)}. \quad (1)$$

Индивидуальная норма скорости движения на первом участке может быть представлена в виде

$$V_{\Sigma H1}^{(1)} = \frac{2}{3} V_{mt} \frac{m_1 \left[2 - \frac{H_m^{(1)} - H_{m0}^{(1)}}{H_{mk}^{(1)} - H_{m0}^{(1)}} \right] + m_2}{m_1 + m_2}, \quad (2)$$

и аналогично для второго участка

$$V_{\Sigma H}^{(2)} = \frac{2}{3} V_{mt} \frac{m_1 \left[2 - \frac{H_m^{(2)} - H_{m0}^{(2)}}{H_{mk}^{(2)} - H_{m0}^{(2)}} \right] + m_2}{m_1 + m_2}, \quad (3)$$

где V_{mt} – максимально возможная скорость движения автомобиля на прямом горизонтальном участке дороги в эталонных условиях (паспортные данные автомобиля); $H_{m0}^{(1)}$, $H_{m0}^{(2)}$ – максимальная энтропия поля восприятия водителя при отсутствии транспортного потока (движение в свободных условиях), соответственно для первого и второго участков; $H_{mk}^{(1)}$, $H_{mk}^{(2)}$ – максимальная энтропия поля восприятия водителя в транспортном потоке, интенсивность которого равна пропускной способности дороги; m_1 , m_2 – жест-

кости норм для функциональных норм скоростей движения для мотива безопасности движения V_{H1} и мотива свободы действия V_{H2} .

Таким образом, согласовать смежные участки – значит, согласовать индивидуальные нормы поведения водителей.

Так как индивидуальные нормы скорости могут быть выражены через максимальную H_m и текущую энтропии H поля восприятия водителя, то для согласования смежных участков необходимо выполнение условия равенства максимальных энтропий на первом и втором участках

$$H_m^{(1)} = H_m^{(2)}. \quad (4)$$

Для случая, когда на всем протяжении дороги значение максимальной энтропии не меняется ($H_m = \text{const}$), установлено, что для смежных участков необходимо выполнение условия равенства функциональных норм скорости для мотива свободы действия

$$V_{H2}^{(1)} = V_{H2}^{(2)}, \quad (5)$$

что является условием равенства значений относительной организации поля восприятия водителя на смежных участках

$$R^{(1)} = R^{(2)}. \quad (6)$$

Таким образом, процесс согласования смежных участков распадается на два этапа: первый – это согласование участков по максимальной энтропии полей восприятия водителей; второй – согласование участков по относительной организации полей восприятия водителей.

Если носители информации полей восприятия могут находиться лишь в двух состояниях (опасном и безопасном для движения), то максимальная энтропия может быть рассчитана по формуле

$$H_m = n^2, \quad (7)$$

где n – число объектов среды в поле восприятия водителя.

В состав среды движения входят объекты дороги и автомобили транспортного потока.

Поэтому максимальная энтропия поля восприятия может регулироваться как за счет количества элементов дороги, попадающих в поле восприятия, так и за счет интенсивности движения.

Обеспечив равенство максимальной энтропии на смежных участках, приступают к их согласованию по относительной организации. Относительная организация определяется по формуле [9]

$$R = 1 - \frac{H}{H_m}, \quad (8)$$

где H – текущая энтропия поля восприятия водителя, которая определяется как [9]

$$H = -n \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2 P_i - n \sum_{i=1}^n (1 - P_i) \log_2 (1 - P_i), \quad (9)$$

где n – число объектов поля восприятия; P_i – вероятность нахождения каждого из объектов поля восприятия в опасном для движения состоянии.

Таким образом, согласование относительной организации может быть сведено к согласованию текущих энтропий полей восприятия на смежных участках, то есть к выполнению условия

$$H^{(1)} = H^{(2)}. \quad (10)$$

С учетом формулы (9) условие (10) преобразуется к виду

$$\frac{H^{(1)}}{n} = - \sum_{i=1}^n P_i^{(2)} \cdot \log_2 P_i^{(2)} - \sum_{i=1}^n (1 - P_i^{(2)}) \log_2 (1 - P_i^{(2)}), \quad (11)$$

где $P_i^{(2)}$ – вероятность нахождения i -го объекта второго участка в опасном для движения состоянии.

Анализ формулы (11) показывает, что для согласования смежных участков не обязательно обеспечивать одинаковые параметры дороги. Достаточно, чтобы их суммарное

информационное воздействие на водителя на втором участке равнялось информационному воздействию первого участка.

Процесс согласования можно рассматривать как разницу значений параметров, например, уровня относительной организации взаимодействия участников движения $R_{(n+1)}$ на последующем участке и $R_{(n)}$ на предыдущем. Если данная разница равна нулю, можно говорить об абсолютном согласовании участков; при разности значений, стремящейся к ∞ , – о полной несогласованности. Исходя из этого можно утверждать, что при согласовании смежных участков дорог нужно стремиться к наименьшему значению разности показателей.

Используя идеи В.В. Павлова о динамическом уравнивании, относящиеся к взаимодействию системы и среды, применена данная теория для согласования смежных участков дорог. С учетом того, что выход предыдущего участка ($n+1$) является входом для последующего (n), и чтобы в процессе перехода с участка на участок не возникало нежелательных переходных явлений, согласование смежных участков дорог предусматривает обеспечение минимального расхождения параметров $R_{(n+1)}$ и $R_{(n)}$ или $H_{m(n)}$ и $H_{m(n+1)}$. На основании выше сказанного можно записать целевую функцию по согласованию смежных участков дорог по максимальной энтропии [11, 12]

$$I = \int_0^T [H_{m_n}(t) - H_{m_{n+1}}(t)]^2 dt \rightarrow \min \quad (12)$$

или, с учетом формулы (8), записать по относительной организации взаимодействия

$$I = \int_0^T \left[\frac{H_{n+1}(t)}{H_{m_{n+1}}(t)} - \frac{H_n(t)}{H_{m_n}(t)} \right]^2 dt \rightarrow \min. \quad (13)$$

По окончании необходимо добавить, что поскольку параметр H_m показывает сложность взаимодействия, а параметр R – характер взаимодействия участников движения, необходимо использовать параметры оценки их функционального состояния. В качестве таких показателей могут быть использованы показания кардиограммы сердца и пневмограммы участников движения. В рамках

будущих исследований необходимо получить уравнения по подбору таких показателей на близлежащих участках дорог. Наложение показателей функционального состояния участников движения по степени опасности на полученные результаты позволит дать градацию оценки согласования условий движения на смежных участках дорог.

Выводы

Установлено, что для согласования смежных участков не обязательно обеспечивать одинаковые параметры дороги. Достаточно, чтобы их суммарное информационное воздействие на водителя на втором участке равнялось информационному воздействию первого участка.

Таким образом, процесс согласования смежных участков может быть представлен на основе согласования энтропийных характеристик: максимальной энтропии, относительной организации и текущей энтропии полей восприятия, которые определяются по скоростям движения.

При оценке согласования необходимо стремиться к минимизации разницы представленных показателей, что выражается предлагаемой целевой функцией.

Литература

1. Муртазин Б.С. Принципы проектирования обратных кривых на автомобильных дорогах / Б.С. Муртазин // Труды МАДИ. – 1970. – Вып. 30. – С. 5–8.
2. Варлашкин В.П. Учет особенностей режима движения при проектировании типичных кривых горных дорог / В.П. Варлашкин // Труды МАДИ. – 1970. – Вып. 30. – С. 110–126.
3. Новизинцев В.В. Влияние сложности условий движения по кривым в плане на эмоциональную напряженность водителей / В.В. Новизинцев // Труды МАДИ. – 1973. – Вып. 33. – С. 17–27.

4. Бегма И.В. Проектирование автомобильной дороги с учетом зрительного восприятия / И.В. Бегма, Е.С. Тамаревская. – М.: Автотрансиздат, 1963. – 42 с.
5. Лобанов Е.М. Оценка сложности дорожных условий по изменению кожно-гальванической реакции водителя / Е.М. Лобанов // Труды МАДИ. – 1974. – Вып. 37. – С. 11–23.
6. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
7. Корнев Г.В. Цель и приспособляемость движения / Г.В. Корнев. – М.: Наука, 1974. – 528 с.
8. Гаврилов Е.В. Узгодження параметрів зовнішньої обстановки на суміжних ділянках дороги / Е.В. Гаврилов, Н.Г. Галкіна // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: наук.-техн. зб. – 1989. – Вип. 44. – С. 100–104.
9. Гаврилов Э.В. Системное проектирование автомобильных дорог: учебное пособие / Э.В. Гаврилов, А.М. Гридчин, В.Н. Ряпухин. – Белгород: АСВ, 1998. – Ч.1. – 138 с.
10. Кульбашная Н.И. Согласование смежных участков городских дорог / Н.И. Кульбашная // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техника, 2007. – Вып. 76. – С. 324–328.
11. Линник И.Э. Концепция исследований, связанных с согласованием смежных участков дорог / И.Э. Линник, Н.И. Кульбашная // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техника. – 2009. – Вып. 90. – С. 389–393.
12. Павлов В.В. Начало теории эргатических систем / В.В. Павлов. – К.: Наукова думка, 1975. – 240 с.

Рецензент: Е.М. Гецович, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 11 апреля 2013 г.