

УДК 625.72

В.А.Гайдукевич
МЕТОД МІНІМІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛУ ІНФОРМАТИВНОСТІ ДОРОЖНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА

Розглядається дорожнє середовище як система, що складається власне з автомобільної дороги з відповідними технічними параметрами і інженерним обладнанням та прилеглим ландшафтом в зоні сприйняття водієм. Дорожнє середовище представлено просторовою композицією з інформаційними елементами, що сприймаються водієм в процесі руху автомобіля. Наведена методика використання різноного методу в задачах оптимізації інформативності архітектурно-ландшафтних басейнів автомобільних доріг.

Ключові слова: дорожнє середовище, технічні параметри, просторова композиція, інформаційні елементи, оптимізація.

Форм 10. Літ 10.

В.А.Гайдукевич
МЕТОД МИНИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛА ИНФОРМАТИВНОСТИ
ДОРОЖНОЙ СРЕДЫ

Рассматривается дорожная среда как система, которая состоит, собственно, из автомобильной дороги с соответствующими техническими параметрами и инженерным оборудованием и прилегающим ландшафтом в зоне восприятия водителя. Дорожная среда представлена пространственной композицией с информационными элементами, которые воспринимаются водителем в процессе движения автомобиля. Приведена методика использования разноного метода в задачах оптимизации информативности архитектурно-ландшафтных бассейнов автомобильных дорог.

Ключевые слова: дорожная среда, технические параметры, пространственная композиция, информационные элементы, оптимизация.

V.Haidukevych
METHODS IN MINIMIZING FUNCTIONALS INFORMATION VALUE OF ROAD
ENVIRONMENT. KEY WORDS: ROAD ENVIRONMENT, TECHNICAL PARAMETERS,
SPATIAL COMPOSITION, INFORMATION ELEMENTS, OPTIMIZING

The motorway has a direct functional significance. This is a complex linear transport system, which must meet the requirements of the state in the transportation of goods and people moving by road. The components of such a system are, in fact, the road with its technical parameters and technical equipment, and roadside landscape that is adjacent to the road, or deviates far from the road. That is, we can say that the road environment has boundaries determined by visual perception of the driver and depends on the spatial trajectory of the road.

This environment has a direct impact on the driver. Speed and traffic safety also impact the economic performance of a motorway.

Road environment, in which the driver is located during his movement, should be maintained at an optimum level in order not to exceed the physiological capabilities of the driver and to ensure efficiency and effectiveness of the driver as the main character in the transport process, which ensures traffic safety.

Structural organization of road environment and the quantitative distribution of information in it make psychological basis in which driver's industrial activity takes place.

In conditions of flat terrain, no vegetation and buildings, the flow of information about the road conditions is too depleted, which can lead to a decrease in the driver's attention and even to his falling asleep at the steering wheel. In contrast, in difficult road conditions, rugged country of the chaotic terrain and vegetation, buildings, information flow can exceed the capacity of driver and cause an inadequate assessment of road environment, that provoke occurrence of traffic accidents.

The main objective of optimizing the traffic environment is rationing the amount of information that is perceived by the driver during the movement of the car on the way within each architectural and landscape form.

The article suggests the technique of using differential method in optimizing information value of architectural and landscape forms of motorways.

Key words: road environment, technical parameters, spatial composition, information elements, optimizing.

Ключевые слова: дорожная среда, технические параметры, пространственная композиция, информационные элементы, оптимизация.

Постановка проблеми. Автомобільна дорога має пряме функціональне значення. Це складна лінійна транспортна система, яка має задовольняти потреби держави в перевезенні вантажів та переміщенні людей автомобільним транспортом. Складовими частинами такої системи є, власне, автомобільна дорога з її технічними параметрами і інженерним

обладнанням та придорожній ландшафт, який безпосередньо прилягає до дороги, або відхиляється на значні відстані від дороги. Тобто можна говорити про дорожнє середовище з межами, що будуть визначатися зоною зорового сприйняття водія і залежати від просторової траєкторії автомобільної дороги.

Це середовище має безпосередній вплив на водія. На економічні показники автомобільної дороги впливають швидкість руху та безпека руху.

Дорожнє середовище, в якому знаходиться водій в процесі руху, потрібно підтримувати на оптимальному рівні, щоб не перевищувати психофізіологічні можливості водія та забезпечити працездатність та дієвість водія, як основного ланцюга в транспортному процесі, що забезпечує безпеку руху.

Структурна організація дорожнього середовища і кількісний розподіл в ньому інформації становить те психологічне підґрунтя, на якому розгортається виробнича діяльність водія.

Аналіз досліджень і публікацій. Розуміння необхідності впорядкування дорожнього середовища спочатку мало за мету естетику та благоустрій на автомобільних дорогах [8, 2, 3], але разом з розвитком економік країн і збільшенням транспортної роботи почала зростати невідповідність зв'язку «дорожні умови – транспортні потоки» [6, 1]. Наслідком такої невідповідності є постійне збільшення дорожньо-транспортних пригод. Значною мірою причиною цього є «людський фактор». Тому дослідження, пов'язані з необхідністю врахування психофізіології водія дуже актуальні [10]. Потрібно мати методику рішень задач дорожньої служби щодо впорядкування дорожнього середовища, тобто керувати транспортно-експлуатаційними якостями автомобільних доріг [4, 5].

Невирішені раніше задачі. В умовах рівнинного рельєфу, відсутності рослинності і забудови, інформаційний потік про дорожні умови занадто збіднений, що може привести до зменшення уваги водія і, навіть, до засинання за кермом. Навпаки, в складних дорожніх умовах, в пересічному рельєфі з хаотичною рослинністю і забудовою, інформаційний потік може перевищувати пропускну здатність водія і бути причиною неадекватної оцінки дорожнього середовища, тобто провокувати виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Мета дослідження. Основним завданням оптимізації дорожнього середовища є нормування кількості інформації, що сприймається водієм в процесі руху автомобіля по дорозі в межах кожного архітектурно-ландшафтного басейну.

Основний зміст та результати дослідження. Дорожнє середовище має бути типізоване на архітектурно-ландшафтні басейни за такими факторами як рельєф місцевості, ліс, поле, забудова та їх комбінації. В залежності від швидкості руху автомобіля та умов дорожнього середовища змінюється площа та форма зони видимості.

Зона видимості \bar{Q} характеризується змінами параметрів дорожнього середовища в кожному перетині X в момент часу t по довжині басейну l протягом періоду руху T :
$$\bar{Q} = \{0 \leq x \leq l, \quad 0 \leq t \leq T\}$$

Введемо різносну сітку в просторі видимості басейну з вузлових точок (x_i, t_j) , де $x_i = i \Delta x, i = 0, 1, \dots, M, t_{j=j\Delta t, j=0, 1, \dots, N, \Delta x > 0, \Delta t > 0$ - кроки сітки. Тоді можна записати $M \Delta x = l, N \Delta t = T$. Досвідчений водій в процесі руху оцінює дорожні умови, що реально складаються і вибирає відповідну швидкість руху. Оцінка ситуації відбувається завдяки інформаційним елементам (u) дорожнього середовища, якими є параметри проїзної частини, земляного полотна, траєкторії дороги в просторі, елементів прилеглого ландшафту, тощо.

Значення швидкості руху $V(x, t)$ в точці (x_i, t_j) по довжині басейну позначимо через V_{ij} .

Розподіл інформаційних елементів в зоні видимості $u(t) \in U$ в дискретному аналізі запишемо

$$[u_j] = (u_1, u_2, \dots, u_N), \quad a \leq u_j \leq b, \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

де: a, b - гранично припустимі величини кількості параметрів елементів дорожнього середовища.

Потрібно мінімізувати функціонал інформативності дорожнього середовища $I(u)$ в архітектурно-ландшафтному басейні дороги

$$I(u) = \int_0^l |V(x, T, u) - y(x)|^2 dx \quad (2)$$

при умові, що $V(x, t, u)$ є рішенням разностної граничної задачі [7]:

$$\frac{V_{ij} - V_{ij-1}}{\Delta t} = a^2 \frac{V_{i+1j} - 2V_{ij} + V_{i-1j}}{(\Delta x)^2}, \quad (3)$$

$$i = 1, 2, \dots, M-1; \quad j = 1, 2, \dots, N;$$

$$V_{1j} - V_{0j} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, N;$$

$$\frac{V_{Mj} - V_{M-1j}}{\Delta x} = v(u_i - V_{Mj}) \quad j = 1, 2, \dots, N;$$

$$V_{i0} = \varphi(x_i), \quad i = 1, 2, \dots, M;$$

Аналогічно для визначення прирощення функціоналу інформативності при змінах дорожніх умов, із введенням функції $\psi(x, t) \equiv \psi(x, t, u)$ разностна гранична задача запишеться:

$$\frac{\psi_{ij} - \psi_{ij-1}}{\Delta t} = -a^2 \frac{\psi_{i+1j-1} - 2\psi_{ij-1} + \psi_{i-1j-1}}{(\Delta x)^2};$$

$$i = 1, 2, \dots, M-1; \quad j = N, N-1, \dots, 1;$$

$$\psi_{1j} - \psi_{0j} = 0, \quad j = N-1, N-2, \dots, 0; \quad (4)$$

$$\frac{\psi_{Mi} - \psi_{M-1j}}{\Delta x} = -v\psi_{Mj}, \quad j = N-1, N-2, \dots, 0;$$

$$\psi_{iN} = 2(V_{iN} - y(x_i)), \quad i = 0, 1, \dots, M$$

Разностні граничні задачі (3) та (4) можуть бути вирішені з допомогою метода прогонки [9], причому задачу (3) потрібно починати з $j=1$, потім $j=2 \dots$ до $j=N$, а задачу (4) починати з $j=N-1$, потім $j=N-2 \dots$ до $j=0$.

Значення функціонала інформативності визначиться за виразом

$$I_{NM}([u_j]) = \sum_{i=1}^M \Delta x (V_{iN} - y(x_i))^2 \quad (5)$$

А значення градієнта функціонала інформативності визначиться за виразом

$$I_{NM}^1([u_j]) = \{a^2 v \psi_{Mj}, \quad j = 1, 2, \dots, N\} \quad (6)$$

Метод проекції градієнта [7] в разностній формі запишеться у вигляді:

$$u_{jn+1} = \begin{cases} u_{jn} - \alpha_n a^2 v \psi_{Mj}, & \text{при } a \leq u_{jn} - \alpha_n a^2 v \psi_{Mj} \leq b, \\ a, & \text{при } u_{jn} - \alpha_n a^2 v \psi_{Mj} < a, \\ b, & \text{при } u_{jn} - \alpha_n a^2 v \psi_{Mj} > b; \quad j = 1, 2, \dots, N. \end{cases} \quad (7)$$

де $[u_j]_n = (u_{1n}, \dots, u_{Nn})$ – наближення кількості інформаційних елементів до оптимальної кількості.

Для визначення α_n використовується методика [7], але в разностному аналізі замість

$$I(u) \text{ беремо } I([u_j]) \text{ та замість } \|u\|^2 = \int_0^T u^2(i) dt \text{ - величину } \|[u_j]\|^2 = \sum_{j=1}^N u_j^2.$$

Метод умовного градієнта [в разностній формі зводиться до побудови послідовності $[u_j]_n = (u_{1n}, \dots, u_{Nn})$ за формулами:

$$u_{jn+1} = u_{jn} + \alpha_n (\overline{u_{jn}} - u_{jn}), \quad j = 1, 2, \dots, N; \quad \alpha_n = \min\{\alpha_n^*, 1\}, \quad (8)$$

$$\bar{u}_{jn} = \begin{cases} a, & \text{при } a^2 v \psi_{Mj} > 0, \\ b, & \text{при } a^2 v \psi_{Mj} < 0, \\ u_{jn}, & \text{при } a^2 v \psi_{Mj} = 0; j = 1, 2, \dots, N. \end{cases} \quad (9)$$

$$\alpha_n^* = \frac{\sum_{j=1}^N a^2 v \psi_{Mj} (\bar{u}_{jn} - u_{jn}) \Delta t}{2 \sum_{i=1}^M |\bar{V}_{iN} - V_{iN}|^2 \Delta x}. \quad (10)$$

Тут $\{V_{ij}\}$, $\{\bar{V}_{ij}\}$ - рішення задачі (3) при $[u_j] = [u_j]_n$ та $[u_j] = [\bar{u}_j]$ відповідно, а $\{\psi_{ij}\}$ - рішення задачі (4).

При необмеженому зменшенні кроку разностної сітки описані разностні витрати методів проекції градієнта та умовного градієнта сходяться до оптимального рішення задачі мінімізації функціонала інформативності дорожнього середовища по довжині архітектурно-ландшафтного басейна автомобільної дороги.

Висновки. Таким чином, запропонований теоретичний підхід до аналізу дорожнього середовища по інформативному навантаженню на водія дозволить оптимізувати це інформативне навантаження шляхом формування структури середовища по кількості інформаційних елементів та їх властивостях на конкретних ділянках доріг в межах архітектурно-ландшафтних басейнів.

1. Булах А.И. Способ оценки условий движения автомобилей. // Материалы международной научно-технической конференции «Совершенствование транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог». Ч.1. – Минск, 1996. – С.7 – 9.
2. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя. / Е.М. Лобанов– М.: Транспорт, 1980. – 311с.
3. Лобанов Е.М. Роль человеческого фактора в организации и безопасности движения. / Е.М. Лобанов. М.: Тр.МАДИ, 1968. – Вип.27. - С.89 - 102.
4. Матросов А.П. Влияние дорожных условий на аварийность автомобильного движения. / А.П. Матросов. // Автомобильные дороги. - 1978. - №10. –С.22 - 23.
5. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем. / М. Месарович, Д. Мако, И. Такаhari. – М.: Мир, 1973. – 344с.
6. Орнатский Н.П. Благоустройство автомобильных дорог. / Н.П. Орнатский. – М.: Транспорт, 1986. – 134с.
7. Павлюк Д.О. Удосконалення вибору рішень задач дорожньої служби щодо підвищення безпеки руху/ Д.О. Павлюк, О.І. Булах. // Автошляховик України – 1998. - №2. – С.37 – 39.
8. Садиков Н.С. Управление транспортно – эксплуатационным качеством автомобильных. / Н.С. Садиков. // Транспорт. Наука. Техника. Управление. Сборник обзорной информации. – 1998. - №7. – С.53 – 55.
9. Самарський А.А. Теория разностных схем. / А.А. Самарський. - М.: Наука, 1977. – 204с.
10. Суворов Ю.Б. Экспертное исследование влияния отклонений характеристик автомобильной дороги на механизм возникновения ДТП. / Ю.Б. Суворов. //Scientific conference “Traffic SAFETY”, Background Papers, Tallinn, November 14 – 15, 1990. – p.200 – 201.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2014.