

МОДЕЛІ РИЗИКО-РЕГУЛЯТИВНОЇ ТАКТИКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ І БЕЗПЕКИ РУХУ АВТОМОБІЛІВ З УРАХУВАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ДОРОГИ

Для ризико-регулятивного забезпечення технологічної успішності транспортних операцій з урахуванням інформаційно-сенсорної неоднорідності дороги запропоновані: схема етапів ризико-регулятивного водіння, логічний ланцюжок тактики водіння, а також математичні моделі показника анергічного локально траєкторного ризику.

Для ризико-регулятивного забезпечення технологічної успішності транспортних операцій з урахуванням інформаційно-сенсорної неоднорідності дороги запропоновані: схема етапів ризико-регулятивного водіння, логічний ланцюжок тактики водіння, а також математичні моделі показника анергічного локально-траєкторного ризику.

For the risk-regulation providing of technological success of transport operations taking into account informative-sensory heterogeneity roads are offered: chart of stages of the risk-regulation driving, logical chain of tactic of driving, and also mathematical models of index of anergic local-trajectory risk.

Постановка задачі. Проїжджа частина дороги є інформаційним сенсорним полем, яке водій повинен адекватно сприйняти з урахуванням інформації, яку несуть в собі чинники, що впливають на процедури водіїв, що до формування локальних темпів і напрямів руху автомобілів (АТЗ). Основною властивістю цього поля є його позиційна неоднорідність, тобто в деяких зонах траєкторії АТЗ концентрація вищезазначених траєкторно-обумовлюючих чинників є більшою, ніж в інших. Можна назвати два види неоднорідних інформаційно-сенсорних зон (НІСЗ): а) концентрації технічних засобів організації руху (КЗОР) [1]; б) локально траєкторних небезпек (ЛТН) [2]. Для забезпечення безпеки руху при підході до НІСЗ необхідно так змінити темпи руху АТЗ, щоб мінімізувати перцептивно-неінформаційні ризики r_{nn} (перед КЗОР) або інцидентні ризики r_u (перед ЛТН). З роботи [2] відомо, що при мінімізації вказаних ризиків $r_{nn} \rightarrow \min$ и $r_u \rightarrow \min$, з одного боку, підвищується безпека руху, а, з другого боку, зростають контрпродуктивні ризики $r_{кп} \rightarrow \max$. При цьому значно підвищується енергоємність транспортної операції, оскільки АТЗ починає функціонувати на нерівномірно-переривчастих режимах руху [2]. Таким чином, при реалізації ризико-регулятивних алгоритмів водіння в умовах НІСЗ формуються як позитивні, так і негативні наслідки. У зв'язку з цим виникає науково-технічна задача створення кількісних методів аналізу ризико-регулятивних алгоритмів управління автомобілем в умовах НІСЗ, виходячи з вимог продуктивності (П), траєкторної безпеки (Б) і енергоефективності (Е). В даній статті представлений метод кількісного аналізу енерговитратності різних алгоритмів регулювання локальних темпів АТЗ, а також мінімізації анергічного локально-траєкторного ризику - $r_a \rightarrow \min$. При цьому використовуються

математичні моделі кінематики і енергетики АТЗ узагальненого типу [3].

Основна частина. Розглядається процес проходження заданим АТЗ двох видів ділянок дороги: а) усередині ділянки знаходиться одна зона НІСЗ (КЗОР або ЛТН); б) на початку і в кінці ділянки є зони НІСЗ, відстані між умовними центрами цих зон $\Delta l_3 \leq 1000$ м. для умов міського руху і $1000 \leq \Delta l_3 \leq 4000$ м. для умов магістрального руху.

Процес водіння перед зоною НІСЗ розділяється на наступні етапи:

- 1) сприйняття візуальних ознак НІСЗ;
- 2) встановлення виду локально-траєкторної ситуації (ЛТС); вона може бути безпечною (БЛТС), переднебезпечною (ПЛТС) і небезпечною (НЛТС);
- 3) формування ситуативних доміантних мотивацій (П або Б або Е) і схем структури останніх, наприклад П-Б-П або Б-П-Б, П-Б-Е і так далі; перша буква означає доміантну (головну) мотивацію;
- 4) формування мотивованого алгоритму регулювання локально-траєкторних ризиків (ЛТР) з урахуванням вигляду ЛТС [3]; так в БЛТС можуть бути реалізовані два алгоритми мінімізації: контр-продуктивного ЛТР $r_{kn} \rightarrow \min$ і анергічного ЛТР $r_a \rightarrow \min$; в ПЛТС реалізуються алгоритми мінімізації: перцептивно-негінформаційного ЛТР $r_{nn} \rightarrow \min$ і анергічного ЛТР $r_a \rightarrow \min$; в НЛТС повинен реалізовуватися тільки один алгоритм мінімізації інцидентного ЛТР $r_u \rightarrow \min$;
- 5) формування одного з трьох видів ризико-мінімізуючих алгоритмів регулювання темпу АТЗ- VA, SA, ZA, де VA – алгоритм підтримки постійного темпу руху АТЗ $V = \text{const}$, SA – розгінний алгоритм приросту темпу АТЗ $\Delta V_p > 0$; ZA-гальмівний алгоритм зниження темпу АТЗ $\Delta V_T < 0$, де ΔV_T -величина зменшення темпу АТЗ;
- 6) при зміні видів ЛТС на різних сусідніх ділянках дороги формуються схеми чергування ЛТС і відповідних алгоритмів регулювання ЛТР і темпів АТЗ;
- 7) встановлення адекватного виду діаграми локальних швидкостей АТЗ на заданій ділянці дороги, так на ділянці 1-го типу (з одним НІСЗ усередині ділянки) реалізується УД – діаграма локальних швидкостей (гальмування перед НІСЗ і розгін після зони), на ділянці 2-го типу (два НІСЗ – на початку і в кінці ділянки) між цими зонами формується ПД – діаграма локальних швидкостей АТЗ (рух з мінімальною швидкістю в зоні першого НІСЗ, розгін і рух з постійною швидкістю, а потім гальмування перед другою зоною НІСЗ).

Згідно етапу 6 процесу водіння на ділянці першого виду формується наступна схема чергування ЛТС: БЛТС-НЛТС-БЛТС. Звідси схема ситуативних мотивацій має вигляд П-Б-П. Ці мотивації забезпечує алгоритм мінімізації ЛТР трьох видів, який має наступний вигляд:

$$r_{kn} \rightarrow \min, r_u \rightarrow \min, r_{kn} \rightarrow \min . \quad (1)$$

Для реалізації алгоритму (1) використовується УД – діаграма локальних швидкостей, що включає два алгоритми регулювання темпу АТЗ:

$$UD \in (ZA \cap SA) \times 0 \quad (2)$$

Для формування UD – діаграми перед зоною НІСЗ реалізується гальмівний алгоритм ZA, а після зони – розгінний алгоритм SA. На ділянці дороги другого виду (два НІСЗ – на початку і в кінці ділянки) також формуються логічний ланцюжок «схема мотивацій- алгоритм мінімізації ЛТР- алгоритм регулювання темпу АТЗ-діаграма локальних швидкостей АТЗ». На ділянці дороги другого виду схема мотивацій має вигляд «Б-П-Б». Алгоритм мінімізації ЛТР має вигляд:

$$r_u \rightarrow \min, r_{kn} \rightarrow \min, r_u \rightarrow \min \times 0 \quad (3)$$

Спочатку мінімізується інцидентний ЛТР, потім – контрпродуктивний ЛТР, а потім – інцидентний ЛТР. Для реалізації алгоритму (3) потрібно реалізувати ПД – діаграму локальних швидкостей, яка є поєднанням двох алгоритмів регулювання темпів АТЗ:

$$ПД \in (SA \cap ZA). \quad (4)$$

На ділянці дороги другого виду ПД – діаграма формується таким чином. Після проходження першої зони НІСЗ реалізується розгінний алгоритм SA, а перед другою зоною НІСЗ використовується гальмівний алгоритм регулювання темпу АТЗ. Кількісні методи аналізу (1) і (3) представлені в роботі [4].

Далі, розглянемо кількісний метод аналізу тактики мінімізації енергичного ЛТР $r_a \rightarrow \min$ стосовно ділянок дороги першого і другого видів:

$$r_a(ПД) \rightarrow \min; r_a(UD) \rightarrow \min. \quad (5)$$

З [4] маємо вираз для оцінки енергичного ЛТР r_a :

$$r_a = 1 - K_{ак} / K_{ае}, r_a \in (0,1) \quad (6)$$

де $K_{ак}$ – показник конструктивно технічної енергичності АТЗ, $K_{ак} = const$; $K_{ае}$ – показник експлуатаційної енергичності АТЗ, $K_{ае} \rightarrow var$ залежно від виду діаграми локальних швидкостей АТЗ ПД або UD.

Безрозмірні величини $K_{ае}$ визначаються за формулою, яка є в роботі [3], причому ураховуються види діаграми локальних швидкостей:

$$\begin{aligned} K_{ае}(ПД) &= E_{ПД} \cdot V_{ЭТ} / (V_{ПД} \cdot E_{ЭТ}), \\ K_{ае}(UD) &= E_{UD} \cdot V_{ЭТ} / (V_{UD} \cdot E_{ЭТ}), \end{aligned} \quad (7)$$

де $E_{ПД}$ і E_{UD} – значення енерговитрат на переміщення АТЗ, які визначаються з урахуванням виду діаграми локальних швидкостей ПД і UD; $V_{ПД}$ і V_{UD} – середні швидкості руху АТЗ, відповідні видам діаграм ПД і UD; $V_{ем}$ – еталонна швидкість АТЗ, $V_{ем} = const$.

Згідно (2) і (4) величини енерговитрат $E_{ПД}$ і E_{UD} визначаються з урахуванням структури режимів алгоритмів регулювання темпу АТЗ:

$$\begin{aligned} E_{\text{ИД}}(\Delta r_i, \Delta V) &= E_{SA}(\Delta V_P, \Delta r_{kn}) + E_{ZA}(\Delta V_T, \Delta r_u), \\ E_{\text{УД}}(\Delta r_i, \Delta V) &= E_{ZA}(\Delta V_T, \Delta r_u) + E_{SA}(\Delta V_P, \Delta r_{kn}), \end{aligned} \quad (8)$$

де Δr_i - величина зменшення рівня ЛТР і-го виду ΔV – зміна локального темпу АТЗ, E_{SA} і E_{ZA} – сумарні енерговитрати на переміщення АТЗ відповідно до SA – алгоритмом і ZA алгоритмом; ΔV_P і ΔV_T – величини приросту і зменшення темпу АТЗ при реалізації SA і ZA алгоритмів регулювання темпів; Δr_{kn} і Δr_u – величини зменшення рівнів контрпродуктивного і інцидентного ризиків при використуванні SA і ZA алгоритмів.

При розрахунку величин E_{SA} і E_{ZA} згідно [3] враховуються структурно-параметрична організація АТЗ і характеристики фаз руху в транспортній операції (стала швидкість, розгін, накат і гальмування). Після підстановки (7) і (8) в (6) маємо функціональну залежність, яка зв'язує між собою всі чотири види ЛТР:

$$r_a = f(\Delta r_{kn}, \Delta r_u, \Delta r_{nn}) \rightarrow \min x_0 \quad (9)$$

Формула (9) дозволяє реалізувати комплексні ризико-регулятивні алгоритми водіння з урахуванням характеристик розподілу КЗОР і ЛТН на дорозі.

Висновки. Для ризико- регулятивного забезпечення технологічної успішності транспортних операцій з урахуванням інформаційно-сенсорної неоднорідності дороги запропоновані: схема етапів ризико- регулятивного водіння, логічний ланцюжок тактики водіння, а також математичні моделі показника енергичного локально- траєкторного ризику. Для умов інформаційної неоднорідності сенсорного поля дороги запропонована схема формалізації тактики водіння, яка дозволяє узгоджувати три взаємо-протилежні вимоги: продуктивності, траєкторної безпеки та енергоефективності автомобільного руху.

Література

- 1.Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения. М.:Транспорт.–1982.– 240 с.
- 2.Петрашевський О.Л., Хабутдінов А.Р. Науково-методичні основи ризико-регулятивного підвищення безпеки і енергоефективності автомобільного руху//Проблеми транспорту: Зб. наук. праць.–Київ: НТУ.– Вип. 6.– 2009.–С 60-64.
3. Хабутдінов Р. А., Коцюк О. Я. Энергоресурсна ефективність автомобіля. Уч. посібник. Київ, УТУ, 1997.-137с.