

**ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К СОБЛЮДЕНИЮ СКОРОСТНОГО
ОГРАНИЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Gantimurova J.O.

**INNOVATIVE APPROACH TO SPEED LIMIT COMPLIANCE USING INTELLIGENT
CONTROL SYSTEMS**

Аннотация. В статье представлен концептуальный метод индекса соответствия ограничениям скорости, который оценивает уровень соблюдения водителями установленных скоростных режимов. Описаны формулы для расчета и оценено влияние различных факторов на его значение.

Ключевые слова: скоростное ограничение, интеллектуальные системы управления, система интеллектуальной адаптации скорости, безопасность дорожного движения, индекса соответствия ограничениям скорости.

Abstract. The article presents a conceptual method of speed limit compliance index, which evaluates the level of compliance of drivers with established speed limits. Formulas for calculation are described and the influence of various factors on its value is assessed.

Keywords: speed limit, intelligent control systems, intelligent speed adaptation system, road safety, speed limit compliance index.

Превышение скорости является одной из главных причин дорожно-транспортных происшествий и существенно влияет на их тяжесть и последствия. По статистике, примерно треть всех смертей на дорогах связана с превышением скорости [1-2]. Многочисленные научные исследования подтверждают, что даже незначительное снижение скорости может привести к значительному уменьшению числа ДТП [1-4]. Ученые всего мира проводили исследования, направленные на изучение взаимосвязи между травмами или смертельными исходами в результате дорожно-транспортных происшествий и изменениями в скорости движения транспортных средств. Снижение скорости на 1 км/ч может уменьшить количество пострадавших примерно на 3% [3]. Таким образом, ограничение скоростного режима на участках улично-дорожной сети (УДС) становится распространённым и эффективным методом повышения безопасности дорожного движения, позволяющим не только сократить количество дорожно-транспортных происшествий, связанных с превышением скорости, но и снизить тяжесть последствий и число смертельных случаев. Внедрение инновационных технологий становится необходимым шагом в решении этой проблемы. Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) могут значительно снизить количество нарушений скоростного режима и улучшить безопасность на дорогах [4-6].

Система интеллектуальной адаптации скорости (ИАС) – это один из элементов ИТС, который используется для контроля скорости движения. ИАС использует глобальную систему позиционирования (GPS) и цифровые карты для определения местоположения транспортного средства и определяет допустимое или рекомендуемое ограничение скорости на участке УДС. В контексте этой системы рассмотрим применение концептуального метода – индекса соответствия ограничениям скорости (Speed Limit Compliance Index, SLCI) [3]. Он нацелен на повышение эффективности работы консультативной системы, адаптирующей скорость транспортных средств в соответствии с установленными ограничениями. Таким образом, интеграция ИАС с индексом SLCI может существенно улучшить управление дорожным движением и повысить безопасность на дорогах, обеспечивая точный контроль соблюдения скоростных режимов.

SLCI – это метрика, которая оценивает уровень соблюдения водителями установленных ограничений скорости. Индекс выражается в процентах и рассчитывается на основе данных о фактической скорости транспортных средств в сравнении с установленными ограничениями. Для формирования формулы SLCI предполагается, что начальный балл для водителей составляет 1, что соответствует 100% соблюдению правил и навыкам безопасного вождения в отношении ограничений скорости. В случае наличия нарушений водитель теряет баллы, которые обозначаются как «штрафная оценка» или «α». Если нарушений нет, штрафная оценка равна нулю, и общий балл остается на уровне 1. На рисунке 1 представлена концепция определения SLCI для участка УДС [3].

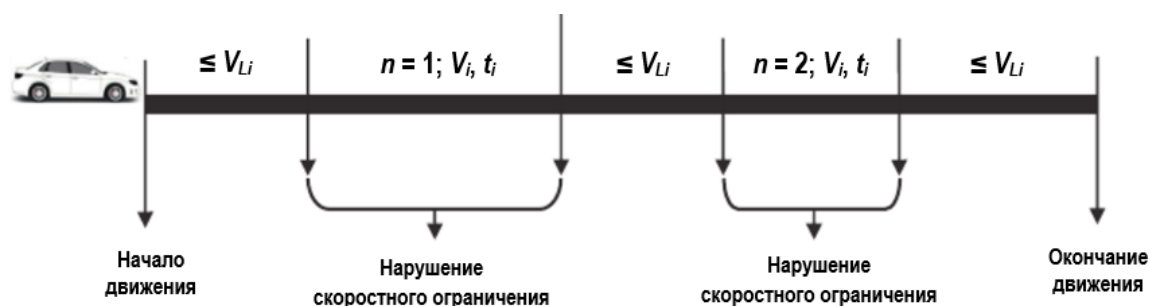


Рисунок 1 – Отображение параметров SLCI для участка УДС

Обозначения к рисунку 1: V_{Li} – ограничение скорости, V_i – максимальная скорость движения во время каждого случая превышения (где $V_i > V_{Li}$), t_i – продолжительность временного периода превышения скорости, n – количество нарушений скорости до точки (эталона), в которой рассчитывается индекс, m – общее расстояние от начала пути до эталона, включая пройденное расстояние при движении со скоростью, равной или ниже ограничения, а также долю рас-

стояния, проезжаемого с превышением ограничения скорости, в соответствии с уравнением:

$$m = D - \sum_{i=1}^n t_i(V_i - V_{Li}), \quad (1)$$

где D – общее расстояние от начальной до контрольной точки, км.

Связи между параметрами для определения индекса соответствия ограничениям скорости выражаются по формулам:

$$\alpha \propto V_i^2, \quad (2)$$

$$\alpha \propto t_i, \quad (3)$$

$$\alpha \propto \frac{1}{V_{Li}}, \quad (4)$$

$$\alpha \propto n, \quad (5)$$

$$\alpha \propto \frac{1}{m}. \quad (6)$$

Штрафная оценка α с учетом приведенных связей между параметрами может быть определена, как:

$$\alpha = \frac{(\sum_{i=1}^n t_i(V_i - V_{Li})^2 / V_{Li})}{m}. \quad (7)$$

Штрафная оценка α состоит из двух компонентов: сумма нарушений находится в числителе, а контроллер – в знаменателе, который уменьшает влияние нарушений. С каждым нарушением числитель увеличивается, тогда как соблюдение ограничений скорости способствует росту знаменателя, что, в свою очередь, снижает штрафной балл и мотивирует водителей использовать систему ИАС для соблюдения ограничений. Контроллер в знаменателе дроби штрафного балла включает в себя ограничение скорости на дороге и общее расстояние от начальной точки до контрольной точки, где рассчитывается SLCI, за исключением части расстояния, пройденного с превышением ограничения скорости [3, 7, 8].

Основное влияние на SLCI оказывает общее расстояние, которое водители проезжают сверх установленного ограничения скорости, и это связано с прошедшим временем и количеством нарушений. Увеличение скорости имеет экспоненциальную связь с риском аварий, и даже незначительное превышение скорости значительно увеличивает этот риск. Более того, вероятность аварии с травмой пропорциональна квадрату скорости, что объясняется соображениями кинетической энергии. Учитывая это, для усиления эффекта от нарушений скоростного режима величина превышения скорости возводится в квадрат. Это означает, что даже небольшое превышение скорости значительно увеличивает штрафные баллы. Однако любое увеличение штрафного балла приводит к снижению SLCI, то есть в формуле (7) время и скорость нарушения имеют отрицательную связь с индексом. Поэтому, чтобы учесть этот аспект, в формулу для расчета расстояния с превышением скорости вводится безопасная скорость (ограничение скорости на дороге) вместо фактической.

С развитием технологий информационно-управляющих систем появились новые возможности для снижения числа аварий, среди которых интеллект-

туальная адаптация скорости – одно из наиболее востребованных решений. Этот подход в сочетании с индексом соответствия ограничениям скорости (SLCI) может значительно повысить безопасность и эффективность дорожного движения. Исследования показывают, что использование интеллектуальных систем для адаптации скорости и мониторинга соблюдения скоростных ограничений помогает снизить риск и серьёзность последствий дорожно-транспортных происшествий, а также улучшает взаимодействие водителей с другими участниками дорожного движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Асламова, В.С.** Сопоставительный анализ показателей травматизма на автодорогах Иркутской области в 2022-2023 гг / В. С. Асламова, А. А. Асламов, А. А. Шуткин. – Текст: непосредственный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2024. – № 4 (84). – С. 54-66.
2. **Бахирев, И.А.** Оценка условий движения на городских улицах / И. А. Бахирев, А. Ю. Михайлов. – Текст: непосредственный // Градостроительство. – 2015. – № 4 (38). – С. 63-68.
3. **Ghadiri, S.M.** Speed Limit Compliance Index (SLCI): A conceptual method to enhance the efficiency of the advisory intelligent speed adaptation system / S. M. Ghadiri, R. Torkan, A. F. M. Sadullah // Journal of Advanced Transportation. – Volume 2022. – 10 p.
4. **Полтавская, Ю.О.** Развитие интеллектуальных транспортных систем с целью повышения функционирования транспортной сети / Ю.О. Полтавская. – Текст: непосредственный // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2019. – Т. 1. – С. 202-203.
5. **Лебедева, О.А.** Повышение эффективности работы транспортной сети посредством применения интеллектуальных систем / О. А. Лебедева. – Текст: непосредственный // Вестник Ангарского государственного технического университета. – 2018. – № 12. – С. 189-191.
6. **Лебедева, О.А.** Транспортное планирование и интеграция гистехнологий / О.А. Лебедева, А.А. Джавахадзе. – Текст: непосредственный // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2021. № 15. С. 145-149.
7. **Пиров, Ж.Т.** Влияние распределения транспортных потоков на скорость сообщения на сегментах городских улиц с регулируемым движением / Ж. Т. Пиров, А. Ю. Михайлов. – Текст: непосредственный // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 2. – С. 115-124.
8. **Ветрогон, А.А.** Транспортное моделирование как инструмент для эффективного решения задач в области управления транспортными потоками / А. А. Ветрогон, М. Н. Крипак. – Текст: непосредственный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. – № 3 (59). – С. 82-91.