

# К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ V2I МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

**Н.В. Володарец**

*Донецкая академия транспорта*

Россия, 283000, Донецк, пр. Дзержинского, 7

E-mail: volodarets.nikita@yandex.ru

**Ключевые слова:** транспортное средство, интеллектуальная транспортная система, общественный транспорт, информационно-аналитический комплекс, транспортный узел.

**Аннотация:** Информационно-аналитическая система V2I мониторинга и управления транспортными средствами в условиях эксплуатации представляет собой органичное соединение информационной и аналитической составляющей. Компонентом последней является анализ информации в части изменения условий эксплуатации. В работе выполнено улучшение процессов управления условиями эксплуатации транспортных средств в информационно-аналитической системе V2I использованием имитационного моделирования. Приводится имитационная модель выбора оптимальных условий эксплуатации транспортных средств. Модель учитывает дорожные, атмосферно-климатические, транспортные условия и культуру эксплуатации транспортных средств, а также особенности движения общественного транспорта в транспортном узле. Разработаны модели задержек общественного транспорта на остановках. Созданные модели могут быть использованы в процессе переустройства транспортного узла, а также для моделирования дорожного движения при изменении условий эксплуатации транспортных средств и их прогнозировании. Результаты моделирования могут быть использованы при создании и проектировании интеллектуальных транспортных систем.

## 1. Введение

Информационно-аналитическая система V2I мониторинга и управления транспортными средствами [1] состоит из двух частей: информационной и аналитической. Информационная часть – это соединение бортовой системы мониторинга транспортного средства со всеми своими составляющими и информационных средств инфраструктуры с приемно-передающими информационными, аналитическими и управляющими элементами и системами [1–3]. Аналитическая часть включает в себя следующие компоненты: программные, логические, аппаратные средства бортовой части транспортного средства и инфраструктуры. Обязательным элементом при этом является рабочее место оператора информационно-аналитической системы V2I мониторинга и управления транспортными средствами в условиях эксплуатации.

Условия эксплуатации включают в себя атмосферно-климатические, дорожные, транспортные условия и культуру эксплуатации транспортных средств [1].

Информационная часть системы V2I обеспечивает информацией ее от транспортного средства и инфраструктуры, а аналитическая – обрабатывает

информацию и управляет транспортным средством в условиях эксплуатации. Одним из компонентов аналитической части является анализ информации в части изменения условий эксплуатации, а именно атмосферно-климатических, дорожных, транспортных условий [1, 3]. Для обеспечения системного взаимодействия условий эксплуатации и транспортного средства в описанной системе V2I предлагается метод адаптации расчетных методов обработки информации и управления транспортными потоками при помощи имитационного моделирования.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Технические службы эксплуатации транспортных средств решают множество задач в процессе усовершенствования методов оперативного управления работоспособностью автомобиля. Большинство задач имеют информационную составляющую оценивания: дорожных условий эксплуатации транспортных средств; прогнозирования возможных аварийных ситуаций, транспортных условий; атмосферно-климатических условий и т.д. [1, 3]. Перечисленные и подобные им задачи пока в основном решаются устаревшими методами, которые уже не обеспечивают требуемого качества, рационального подхода и эффективности. Оценка условий эксплуатации, анализ планов и профилей автомобильных дорог обычно выполняются вручную, обновления карт и схем осуществляется крайне редко, данные о состоянии большинства объектов не систематизированы и, соответственно, труднодоступны. Такая ситуация усложняет задачу управления классификации условий эксплуатации транспортных средств в информационных условиях ITS.

Поэтому представляется обоснованным проведение исследования, посвященного определению механизма построения имитационной модели выбора оптимальных условий эксплуатации транспортных средств с учетом особенностей движения общественного транспорта. Это позволит использовать ее для решения задач транспорта. В частности, может быть решена задача оптимизации движения средств транспорта. А также появится возможность прогнозировать расход топлива транспортными средствами с изменением условий эксплуатации.

Целью работы является исследование возможности улучшения процессов управления условиями эксплуатации транспортных средств в информационно-аналитической системе V2I с использованием имитационного моделирования.

## 3. Построение динамической модели определения оптимальных условий эксплуатации транспортных средств в транспортном узле

Математическая модель определения оптимальных параметров дорожного движения в транспортном узле можно описать в виде соответствия между элементами множества входов системы  $X$  «возможных значений»  $x$  и множества  $T$  «моментов времени»  $t$ . Т. е. в виде следующего отображения  $T \rightarrow X: x(t) \in X^T, t \in T$ .

Рассматривая выход  $y(t)$  системы как ее реакцию на входы  $x(t)$ , можно представить модель как совокупность двух процессов  $X^T = \{x(t)\}$  и  $Y^T = \{y(t)\}$ ,  $t \in T$ .

Множество входящих параметров  $x(t)$  представлено следующими параметрами:  $\lambda_{veh}(t)$  – интенсивность движения транспортных средств,  $\lambda_{pub}(t)$  – интенсивность движения общественного транспорта,  $\lambda_{ped}(t)$  – интенсивность движения пешеходов,  $p(t)$  – матрица переходных вероятностей,  $i(t)$  – тип транспортных средств,  $D_{pub}(t)$  – время задержки общественного транспорта на остановке,  $Cr(t)$  – состояние дорожного

полотна,  $TC_i(t)$  – техническое состояние транспортных средств,  $Pr(t)$  – параметры дороги,  $CD(t)$  – культура эксплуатации транспортных средств,  $CC(t)$  – атмосферно-климатические условия,  $PI(t)$  – параметры инфраструктуры,  $PS(t)$  – параметры системы регулирования и контроля.

Множество выходящих параметров модели представлено следующими параметрами:  $p_1(t)$ ,  $p_2(t)$ ,  $p_i(t)$  – оптимизируемые параметры эксплуатации транспортных средств.

Модель можно использовать при формировании интеллектуальной транспортной системы города для увязки программного обеспечения с инфраструктурой транспортной сети.

#### 4. Построение имитационной модели выбора оптимальных условий эксплуатации транспортных средств для участка транспортной сети

Для моделирования движения транспортных средств использована модель безопасной дистанции, основанная на модели Гиббса [4].

Был разработан алгоритм разработки и верификации имитационной модели оптимизации условий эксплуатации транспортных средств в транспортном узле.

На следующем этапе создания имитационной модели была создана дорожная сеть исследуемого транспортного узла на основе реальной схемы, а также построена диаграмма процесса имитационной модели согласно [5].

Далее была разработана диаграмма процесса имитационной модели движения транспортных средств общественного транспорта в исследуемом узле, следующих с остановками согласно ранее разработанной модели.

Для осуществления оптимизации дорожного движения в транспортном узле был создан эксперимент «Оптимизация». Задача оптимизации сводилась к минимизации целевой функции  $travel\_time(p_1, p_2)$ , т. е.:

$$(1) \quad travel\_time(p_1, p_2) = \sum_i \sum_j \Delta t_{ij} = \sum_j^{k_1} [t_{bs\_c_j}(p_1, p_2) - to_{1j}] + \sum_j^{k_2} [t_{bs\_mb_j}(p_1, p_2) - to_{2j}] + \sum_j^{k_3} [t_{bs\_b_j}(p_1, p_2) - to_{3j}] + \sum_j^{k_4} [t_{bs\_tb_j}(p_1, p_2) - to_{4j}] \rightarrow \min,$$

где  $i$  – параметр, характеризующий тип агента имитационной модели,  $j$  – параметр, характеризующий номер агента  $i$ -й в популяции агентов модели,  $k_i$  – количество агентов  $i$ -й в популяции агентов.

В процессе оптимизации для моделирования задержки общественного транспорта на остановках использовалось треугольное распределение. Гипотезы о треугольных распределениях времен задержек на остановках транспортных средств общественного транспорта были проверены по критерию Пирсона ( $\chi^2$ ).

В ходе оптимизационного эксперимента осуществлялось варьирование параметров  $p_1$  и  $p_2$ . Результаты оптимизации работы транспортного узла приведены на рис. 1.



Рис. 1. Результаты оптимизации работы транспортного узла.

## 5. Заключение

Построена динамическая модель определения оптимальных параметров эксплуатации транспортных средств в транспортном узле, которая учитывает большое число факторов, влияющих на процесс движения. Модель можно использовать при формировании интеллектуальной транспортной системы города для увязки программного обеспечения с инфраструктурой транспортной сети.

Также создана имитационная модель выбора оптимальных условий эксплуатации транспортных средств с учетом особенностей движения общественного транспорта, которую можно использовать для решения задач оптимизации движения средств транспорта. Модель опробована на участке транспортной сети. Ее адекватность подтверждена соответствующими расчетами.

## Список литературы

1. Gritsuk, I., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y., et al. Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions // SAE Technical Paper 2018-01-0024. 2018. <https://doi.org/10.4271/2018-01-0024>.
2. Quan J., Zhao Y., Tan G., Xu Y., et al. A Study on Safety Intelligent Driving System for Heavy Truck Downhill in Mountainous Area // SAE Technical Paper 2018-01-1887. 2018. <https://doi.org/10.4271/2018-01-1887>.
3. Kiselev A.B., Kokoreva A.V., Nikitin V.F., Smirnov N.N. Mathematical modelling of traffic flows on controlled roads // Journal of Applied Mathematics and Mechanics. 2004. Vol. 68, No. 6. P. 933-939. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jappmathmech.2004.11.014>.
4. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управления ими. М.: Транспорт, 1972. 426 с.
5. Volodarets M., Gritsuk I., Chygyryk N., Belousov E., et al. Optimization of Vehicle Operating Conditions by Using Simulation Modeling Software // SAE Technical Paper 2019-01-0099. 2019. <https://doi.org/10.4271/2019-01-0099>.