

Научно-методический подход к оценке своевременности оперативного управления маршрутизацией движения автомобиля в городской агломерации

А.С. Белов¹, А.Н. Реформат¹ ✉, Е.Л. Трахинин¹, Н.И. Биркун¹

¹ Академия ФСО России

ул. Приборостроительная, д. 35, г. Орел 302015, Российская Федерация

✉ e-mail: reforasx@yandex.ru

Резюме

Цель исследования. Целью настоящей статьи является разработка научно-методического подхода к оценке своевременности принятия решения при оперативном управлении маршрутизацией движения автомобиля в городской агломерации. Своевременность проявляется в снижении времени на подготовку решения на изменение маршрута движения автомобиля, доставляющего грузы в условиях возможного (прогнозируемого) нарастания дорожного затора на перекрестках и улицах, пересекающих установленный маршрут движения в городской агломерации.

Методы. Представленный подход базируется на основных положениях теории управления в организационных системах, теории поведения рационального потребителя, математической статистике, имитационном моделировании.

Результаты. Разработан вариант обобщенной схемы цикла оперативного управления маршрутизацией автомобиля в городской агломерации. Предложена последовательность оценки времени принятия решения при оперативном управлении маршрутизацией движения автомобиля, причем отдельные этапы последовательности оценки реализуют основные функции разработанного варианта цикла оперативного управления. Получены экспериментальные зависимости времени анализа параметров маршрута при оперативном управлении от количества и качества рассматриваемых маршрутов в среде имитационного моделирования AnyLogic 8.4.0.

Заключение. В статье рассматривается подход к оценке своевременности принятия решения при оперативном управлении маршрутом движения автомобиля доставляющего грузы в городской агломерации. Для минимизации времени принятия оперативного решения предлагается прогнозирование интенсивности нарастания дорожного затора и оценку качества маршрута. Подход позволяет на основе прогнозирования состояния дорожной обстановки в точках пересечения маршрута движения и улиц с высокой вероятностью образования дорожного затора, а также, с учетом количества и качества маршрутов, повысить своевременность принятия решения на изменение маршрута движения автомобиля, доставляющего грузы в городской агломерации.

Ключевые слова: оперативное управление; своевременность; маршрутизация; прогнозирование; время принятия решения; автомобиль.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Научно-методический подход к оценке своевременности оперативного управления маршрутизацией движения автомобиля в городской агломерации / А.С. Белов, А.Н. Реформат, Е.Л. Трахинин, Н.И. Биркун // Известия Юго-Западного государственного университета. 2023; 27(4): 132-145. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2023-27-4-132-145>.

Поступила в редакцию 13.10.2023

Подписана в печать 06.12.2023

Опубликована 21.12.2023

Scientific and Methodological Approach to Assessing Timeliness Operational Management of Vehicle Routing in an Urban Agglomeration

Andrei S. Belov ¹, Andrei N. Reformat ¹ ✉, Egor L. Trakhinin ¹, Nikolay I. Birkun ¹

¹ Academy of the Federal Guard Services of Russia
35, Priborostroitel'naya str., Orel 302015, Russian Federation

✉ e-mail: reforasx@yandex.ru

Abstract

Purpose of research. The purpose of this article is to develop a scientific and methodological approach to assessing the timeliness of decision-making in the operational management of car traffic routing in an urban agglomeration. Timeliness is manifested in reducing the time to prepare a decision to change the route of a car delivering goods in conditions of a possible (predicted) increase in traffic congestion at intersections and streets crossing the established route in an urban agglomeration.

Methods. The presented approach is based on the basic principles of management theory in organizational systems, the theory of rational consumer behavior, mathematical statistics, and simulation modeling.

Results. A variant of the generalized scheme of the operational control cycle for the routing of a car in an urban agglomeration has been developed. A sequence of estimation of decision-making time for operational control of vehicle traffic routing is proposed, and the individual stages of the evaluation sequence implement the main functions of the developed version of the operational control cycle. Experimental dependences of the time of analysis of route parameters during operational management on the quantity and quality of the routes under consideration in the AnyLogic 8.4.0 simulation environment are obtained.

Conclusion. The article considers an approach to assessing the timeliness of decision-making in the operational management of the route of a car delivering goods in an urban agglomeration. To minimize the time for making an operational decision, it is proposed to predict the intensity of traffic congestion and assess the quality of the route. The approach allows, based on forecasting the state of the road situation at the intersection points of the route and streets with a high probability of traffic congestion, as well as, taking into account the number and quality of routes, to increase the timeliness of making a decision to change the route of a car delivering goods to an urban agglomeration.

Keywords: operational management; timeliness; routing; forecasting; decision-making time; car.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Belov A. S., Reformat A. N., Trakhinin E. L., Birkun N. I. *Scientific and Methodological Approach to Assessing Timeliness Operational Management of Vehicle Routing in an Urban Agglomeration*. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2023; 27(4): 132-145 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2023-27-4-132-145>.

Received 13.10.2023

Accepted 06.12.2023

Published 21.12.2023

Введение

Интернет торговля быстро развивается, становится удобнее и доступнее. Увеличивается количество пользователей интернет магазинов, а интернет покупки становятся такой же частью повседневной жизни, как и покупка товаров в обычном магазине. Объем рынка интернет торговли составил за 2022 год 5 660 млн. рублей, продемонстрировав рост в рублях на 38% по сравнению с 2021 годом, а количество заказов увеличилось на 65%, составив 2 816 млн. Количество отправок купленных товаров выросло на 56% [1].

Согласно исследованиям аналитической компании *Data Insight* [1], наиболее важными характеристиками доставки для покупателей являются скорость доставки, стоимость доставки, соответствие сроков доставки указанным при заказе. Значительный рост количества заказов в интернет-торговле обуславливает увеличение спроса на курьерскую доставку и доставку до пункта выдачи в городской агломерации. Доставка мелких партий груза осуществляется наиболее часто с применением легких коммерческих автомобилей. По данным агентства «Автостат Инфо», количество легких коммерческих автомобилей в 2021 году выросло более чем на 25%, а за 2021-2022 годы только первичной регистрации подверглось 226 126 автомобилей [2, 3].

Компактность автомобилей данного класса позволяет проезжать по узким переулкам, маневрировать в городских пробках. Несмотря на это, планирование маршрутов в городской агломерации сопряжено с необходимостью учета ограничений и обработкой значительного объема исходной информации для рациональной организации маршрутов движения и управления перевозками [4, 5]. Необходимо выбрать показатели, характеризующие выполнение составленного плана объектом управления. Для организации доставки грузов «точно в срок» важно оценивать не только эффективность выполнения плана объектом управления, но и эффективность работы субъекта управления [6, 7, 8]. В табл. 1 приведены механизмы оценки и контроля, позволяющие в режиме реального времени осуществлять оперативное управление [9, 10].

Перечисленные механизмы позволяют вырабатывать управленческие решения основанные на оценке данных, получаемых от объекта управления. Однако отсутствие прогнозирования не позволяет заранее выработать управляющие воздействия для минимизации внешних воздействий. Предлагаемый научно-методический подход оценки своевременности оперативного управления отличается от приведенных механизмов оценки и контроля (табл. 1) составлением прогноза влияния внешних факторов на состояние маршрута движения ТС. Своевременность дости-

гается выработкой управляющих воздействий на основе составленного прогноза, позволяющих заблаговременно, до ухудшения параметров доставки, изменить маршрут движения.

Актуальность работы проявляется в увеличении нагрузки на дорожную сеть, в частности в увеличении количества автомобильных заторов в городской агломерации (рис. 1).

Таблица 1. Механизмы оценки и контроля

Table 1. Evaluation and control mechanisms

Название / Name	Описание / Description
Механизм опережающего самоконтроля	Механизм позволяет оценивать возможные отклонения результатов деятельности объекта управления от плана. Он состоит в том, что штрафы агентов при корректировке плана тем меньше, чем раньше они сообщают об этой корректировке, и эти штрафы меньше, чем штрафы за невыполнение плана
Механизм комплексного оценивания	Механизм позволяет регулярно своевременно оценивать результаты деятельности объекта управления, а также изменения, происходящие с ним, как в результате функционирования объекта, так и в зависимости от влияния внешней среды

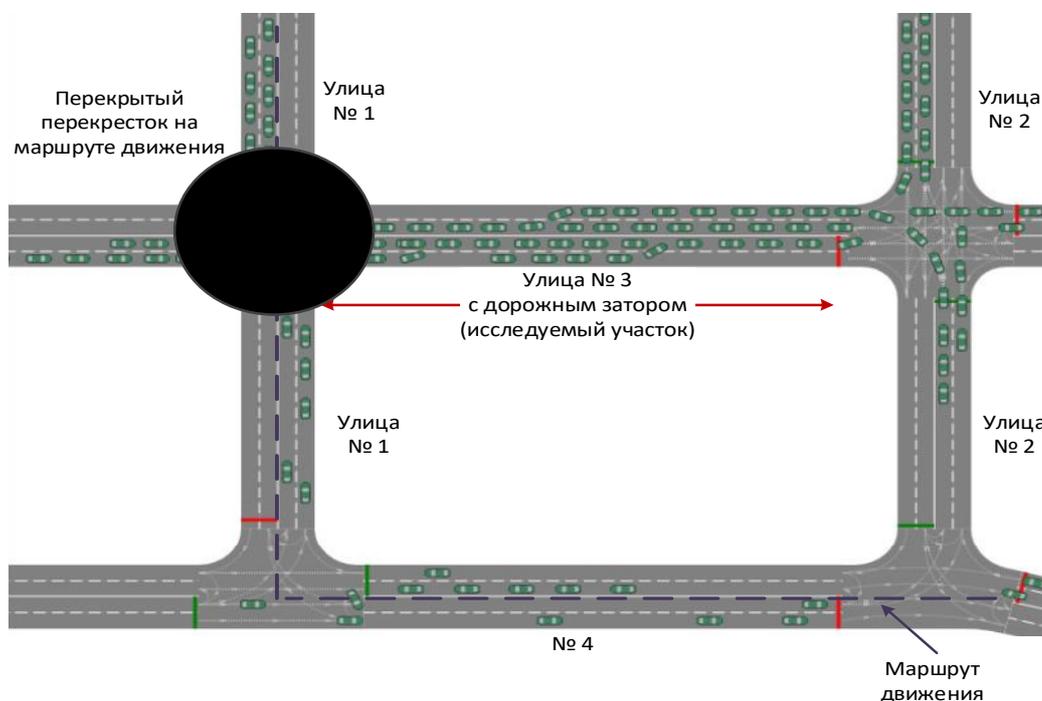


Рис. 1. Схематичное представление возникновения автомобильного затора в городской агломерации

Fig. 1. Schematic representation of the occurrence of traffic congestion in an urban agglomeration

Под образованием затора понимается ситуация отсутствия возможности выехать на перекресток или пересечь его из-за его перекрытия автомобилями, выехавшими на разрешающий сигнал светофора, но которые не смогли покинуть перекресток до запрещающего сигнала светофора из-за образовавшегося впереди автомобильного затора (рис. 1, перекрестки улиц № 1 и № 3, № 2 и № 3). Это приводит к увеличению количества автомобилей ожидающих возможности пересечь перекресток, что влечет за собой образование затора на прилегающих улицах (рис. 1, очередь на улице № 1). На рис. 1 пунктирной линией обозначен маршрут движения автомобиля, доставляющего грузы. Очевидно, что образование затора на улице № 1, прилегающей к улице № 3, могло не произойти при условии освобождения перекрестка автомобилями, движущимися по улице № 3.

Образование автомобильных заторов в определенных местах является случайным и не может быть в полном объеме учтено на этапе планирования маршрутов доставки грузов. В такой ситуации резко снижается эффективность транспортировки грузов, так как сбивается график доставки, задействованность работников и техники, возрастают расходы на доставку грузов, выплаты неустойки и т.д. [11, 12].

Одним из вариантов снижения расходов является оценка и снижение времени на подготовку решения на измене-

ние маршрута движения автомобиля, доставляющего грузы в условиях нарастающего дорожного затора на перекрестках и улицах, при оперативном управлении.

Материалы и методы

При оперативном управлении учитывается неопределенность будущих состояний внешней среды и ее воздействия на объект управления – автомобиль, доставляющий груз [13].

Уменьшить неопределенность возможно за счет поступления новой информации непосредственно в ходе оперативного управления. При анализе и сравнении информации, характеризующей процесс доставки грузов согласно разработанному ранее плану, возможно обнаружить отклонения «плановых» значений. В случае возникновения несущественных отклонений параметров доставки, необходима корректировка действий в рамках оперативного управления [14, 15]. Задача оперативного управления решается непосредственно в ходе движения автомобиля и заключается в определении рациональных управляющих воздействий для достижения «плановых» параметров движения по маршруту с учетом всей имеющейся в текущий момент информации [16, 17, 18]. При этом важная роль отводится оперативному управлению и его основным функциям. На рис. 2 представлен вариант цикла оперативного управления маршрутизацией автомобиля в городской агломерации.

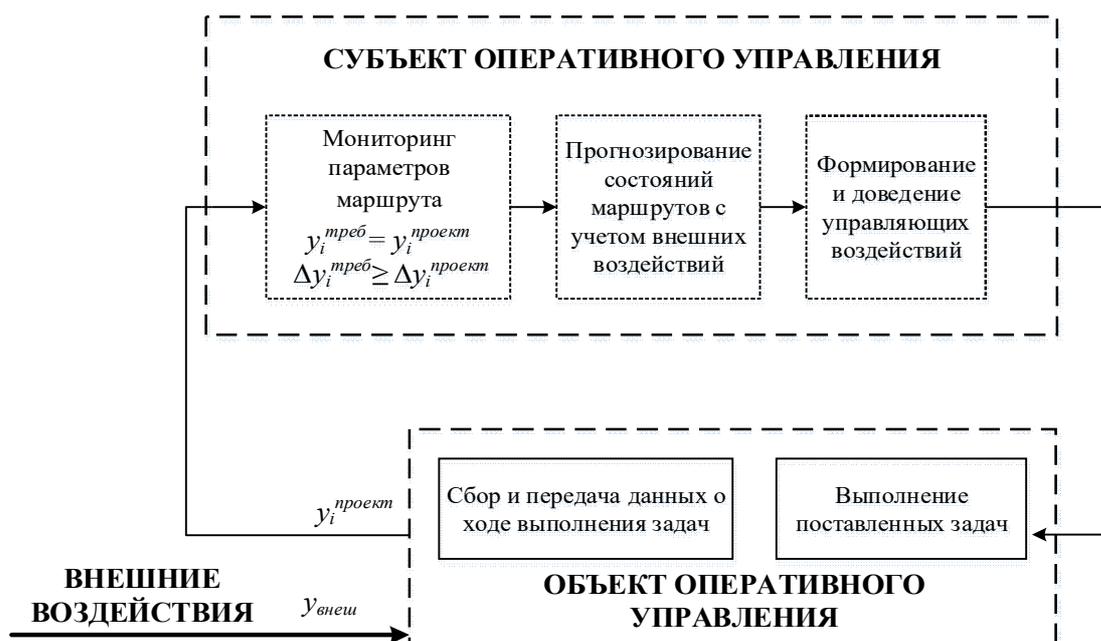


Рис. 2. Обобщенная схема цикла оперативного управления маршрутизацией автомобиля в городской агломерации

Fig. 2. The generalized scheme of the cycle of operational control of the routing of the car in the urban agglomeration

В блоке мониторинга параметров маршрута определяется величина отклонения получаемых параметров доставки груза $y_i^{проект}$ от требуемых параметров $y_i^{треб}$, характеризующих целевое состояние организационной системы. Отклонения параметров вызваны внешними воздействиями $u_{внеш}$, под которыми понимается образование дорожных заторов на улице, пересекающей установленный маршрут движения с перекрытием перекрестка пересечения улиц № 1 и № 3 (см. рис. 1). Полученные отклонения параметров $\Delta y_i^{проект}$ сравнивают с допустимым отклонением $\Delta y_i^{треб}$. Прогнозирование состояния маршрутов с учетом внешних воздействий в местах пересечения установленного маршрута

движения автомобиля с улицами, на которых возможно образование дорожных заторов позволит оценить последующее развитие ситуации на маршруте движения с учетом новых данных ($y_i^{проект}$). Он необходим для описания будущего состояния существующего маршрута движения и альтернативных маршрутов кратчайшего объезда дорожного затора. Кроме того, результаты прогноза покажут, насколько будут отличаться ($\Delta y_i^{проект}$) от требуемых значений ($y_i^{треб}$) показатели, характеризующие движение автомобиля, доставляющего грузы по указанным маршрутам. Основываясь на прогнозе, возможно заблаговременно, до момента перекрытия маршрута движения дорожным затором, сформиро-

вать и довести до объекта оперативного управления управляющие воздействия по изменению маршрута движения автомобиля для недопущения нарушения сроков доставки грузов и связанных с этим дополнительных расходов.

Получив управляющие воздействия, выработанные субъектом оперативного управления, объект оперативного управления изменяет поведение в соответствии с полученной информацией. Одновременно с этим, продолжается сбор, систематизация и передача новой информации о ходе выполнения поставленных задач $u_i^{\text{проект}}$.

В случаях, когда необходимо изменение маршрута движения, важно учитывать два условия. Первое условие – длина дорожного затора изменяется во времени, т.е. свободный в определенный момент времени перекресток может быть перекрыт затором через некоторое время. Для понимания его распространения необходим прогноз интенсивности нарастания длины затора λ . Второе условие – автомобиль, доставляющий груз, подвижен и предельное время оперативного управления $t_{\text{реш ОУ}}$ (принятие решения об изменении маршрута движения) не превышает время движения автомобиля до точки, ближайшей к дорожному затору, в которой возможно изменить маршрут движения. За это время субъект управления должен рассмотреть $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ альтернативных маршрутов доставки,

провести анализ возможности использования указанных маршрутов для выбора наиболее рационального варианта.

Целью настоящей статьи является разработка научно-методического подхода к оценке своевременности принятия решения при оперативном управлении. Своевременность проявляется в снижении времени на подготовку решения по изменению маршрута движения автомобиля, доставляющего грузы в условиях нарастания дорожного затора на перекрестках и улицах, пересекающих установленный маршрут движения, за счет прогнозирования интенсивности нарастания затора. Основным показателем выбрано время принятия решения при оперативном управлении ($t_{\text{реш ОУ}}$). Минимизация $t_{\text{реш ОУ}}$ позволит повысить своевременность принятия решения.

$$t_{\text{реш ОУ}}(a, \lambda, k_a) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где a – количество маршрутов движения; k_a сред – усредненная оценка качества всех маршрутов.

Ограничения: $a \geq 2, \lambda > 0, k \rightarrow 0$.

Допущения: в подходе учитываются ситуации, когда автомобили выезжают на перекресток, но не покидают его после окончания разрешающей движение фазы работы светофора вследствие образовавшегося за перекрестком затора.

Подход представлен в виде блок-схемы:

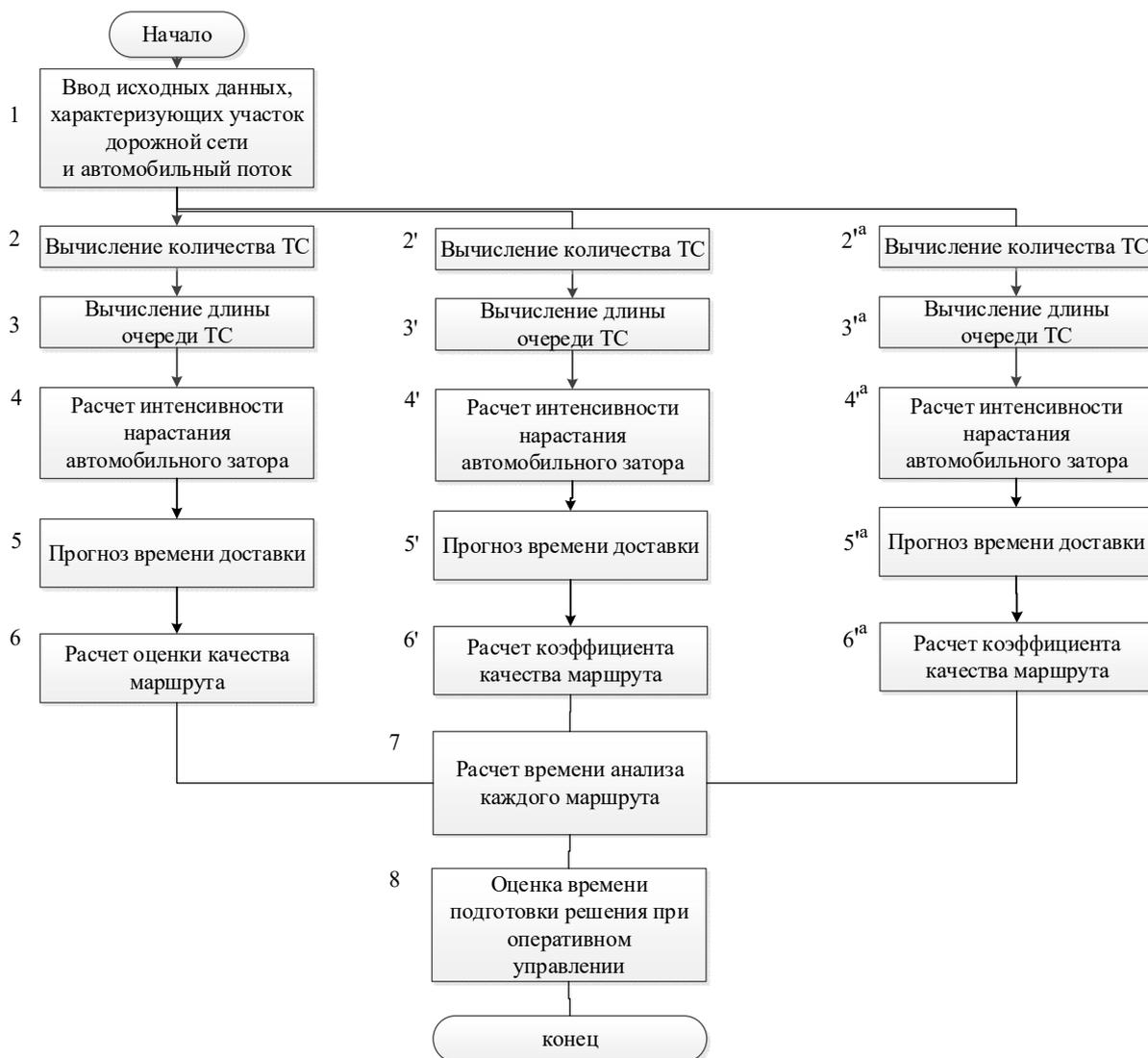


Рис. 3. Блок-схема последовательности оценки времени принятия решения при оперативном управлении маршрутизацией движения автомобиля, доставляющего груз в городской агломерации

Fig. 3. Block diagram of the sequence of estimating the decision-making time for operational control of the routing of a car delivering cargo in an urban agglomeration

В блоке 1 вводят исходные данные: $d_{ав}$ – дистанция между ТС в очереди перед стоп-линией светофора; $(N(t_n)-1)$ – количество дистанций между автомобилями; l – длина одного ТС; t_1 , t_2 – значение времени в начале и конце интервала времени, на котором находят интенсивность нарастания дорожного затора; $L(t_1)$ – длина дорожного затора в

момент времени t_1 ; $L(t_2)$ – длина дорожного затора в момент времени t_2 ; λ – интенсивность нарастания дорожного затора; $t_{треб}$ – время, отведенное на доставку груза; $\Delta t_{анализ\ марш}$ – время анализа одного варианта маршрута движения, $A=\{a_1, \dots, a_n\}$ – количество маршрутов.

В блоке 2 вычисляют количество ТС на исследуемом участке дорожной

сети – $N(t_n)$, ожидающих зеленого сигнала светофора.

$$N(t_n) = \begin{cases} N+1, & \text{если автомобиль} \\ & \text{въезжает на исследуемый участок} \\ N-1, & \text{если автомобиль} \\ & \text{покидает исследуемый участок,} \end{cases} \quad (2)$$

где N – количество автомобилей на исследуемом участке улицы.

Учитываются автомобили, находящиеся на исследуемом участке улицы (см. рис. 1).

В блоке 3 определяют длину дорожного затора на исследуемом участке улицы (см. рис. 1) в момент времени t_n :

$$L(t_n) = N(t_n) * l + (N(t_n) - 1) * d_{ав}, \quad (3)$$

где $N(t_n)$ – количество автомобилей на исследуемом участке улицы в момент времени t ; l – длина одного ТС; $d_{ав}$ – дистанция между ТС в очереди перед стоп-линией светофора.

В блоке 4 рассчитывают интенсивность, с которой изменялась длина очереди, т.е. интенсивность изменения дорожного затора – $\lambda_r(t)$ на интервале времени от t_1 до t_2 на исследуемом участке улицы (см. рис. 1):

$$\lambda_r(t_n) = \frac{L(t_2) - L(t_1)}{t_2 - t_1}, \quad (4)$$

где $L(t_1)$ – длина дорожного затора в момент времени t_1 ; $L(t_2)$ – длина дорожного затора в момент времени t_2 .

В блоке 5 измеряют время доставки грузов на a -м маршруте – $t_{дост a}$. Рассчитывают изменение времени доставки груза для маршрута a :

$$\Delta t_{дост a} = |t_{треб} - t_{дост a}|, \quad (5)$$

где $t_{треб}$ – время, отведенное на доставку груза; $t_{дост a}$ – время доставки груза на маршруте a (с учетом нарастания дорожного затора).

В блоке 6 оценивают качество маршрута k_a с учетом данных о времени изменения доставки груза на маршруте a :

$$k_a = \frac{\Delta t_{дост a}}{t_{треб}}, \quad (6)$$

где $\Delta t_{дост a}$ – изменение времени доставки груза для маршрута a ; $t_{треб}$ – время, отведенное на доставку груза.

Коэффициент k_a покажет, насколько параметры измененного маршрута (напр. времени доставки) изменятся по отношению к параметрам исходного маршрута доставки груза.

В блоке 7 рассчитывают время, необходимое на анализ параметров маршрута a_i с учетом оценки качества маршрута:

$$\Delta t_{\text{анализ марш}}^a = \Delta t_{\text{анализ марш}} * k_a, \quad (7)$$

где $\Delta t_{\text{анализ марш}}$ – время анализа одного варианта маршрута движения; k_a – коэффициент качества маршрута a .

В блоке 8 оценивают время, необходимое для подготовки решения по изменению маршрута движения автомобиля, доставляющего грузы при оперативном управлении с учетом количества i рассматриваемых маршрутов:

$$t_{\text{реш ОУ}} = \sum_1^i \Delta t_{\text{анализ марш}}^a, \quad (8)$$

где $\Delta t_{\text{анализ марш}}^a$ – время, необходимое на анализ параметров маршрута a_i .

На основании получаемых данных о развитии дорожной обстановки и

оценки времени подготовки решения субъект оперативного управления принимает решение о необходимых управляющих воздействиях при оперативном

управлении маршрутизацией автомобиля, доставляющего грузы в городской агломерации.

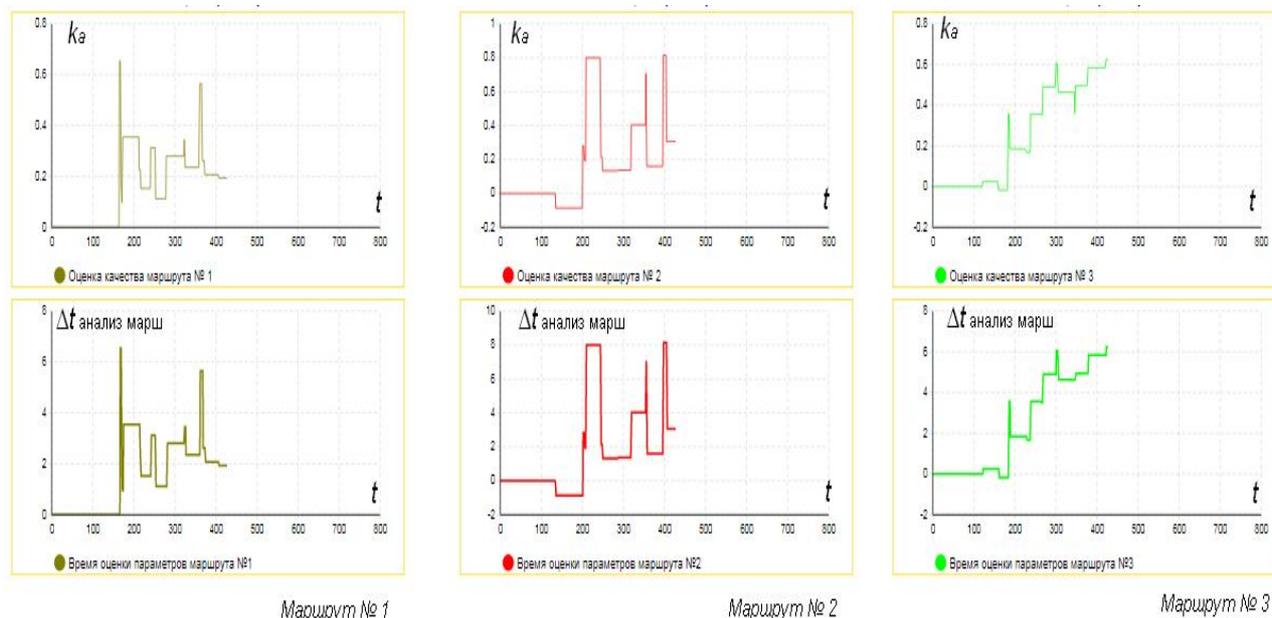


Рис. 4. Зависимость времени анализа параметров маршрута при оперативном управлении от качества рассматриваемых маршрутов

Fig. 4. The dependence of the time of analysis of route parameters during operational management on the quality of the routes under consideration

Результаты и их обсуждение

Описанный в данной статье подход реализуется в среде имитационного моделирования *AnyLogic* [19] и позволяет своевременно принимать решения при оперативном управлении маршрутизацией движения автомобиля, доставляющего грузы в городской агломерации с учетом образования автомобильных заторов на улицах, пересекающих установленный маршрут движения.

Результаты анализа параметров маршрута проявляются в отклонении параметра доставки (например $\Delta t_{\text{анализ марш}}$, рис. 4) от исходного параметра. Воз-

можные отклонения могут привести к нарушению логистической цепочки, штрафам и другим негативным последствиям. Минимальные значения коэффициента k_a определяют более точное совпадение параметров измененного маршрута по сравнению с исходным маршрутом доставки груза. В соответствии с гипотезой рационального поведения [20] измененный маршрут доставки грузов по предлагаемым параметрам, наиболее близко приближающийся к исходному маршруту, выбирают при необходимости замены исходного маршрута.

Выводы

Научно-методический подход позволяет на основе прогнозирования состояния дорожной обстановки в точках пересечения маршрута движения и улиц с высокой вероятностью образования дорожного затора, а также, с учетом количества и качества маршрутов, оценить своевременность принятия реше-

ния на изменение маршрута движения автомобиля, доставляющего грузы в городской агломерации.

Получены экспериментальные зависимости времени анализа параметров маршрута при оперативном управлении от количества и качества рассматриваемых маршрутов в среде имитационного моделирования *AnyLogic 8.4.0*.

Список литературы

1. Интернет-торговля в России 2022 // Аналитическая компания Data insight : официальный сайт. URL: https://datainsight.ru/eCommerce_2022 (дата обращения: 25.07.2023).
2. Рынок новых LCV в 2022 году // ООО «АВТОСТАТ» : официальный сайт. URL: <https://www.autostat.ru/press-releases/53560/> (дата обращения: 26.07.2023).
3. Транспорт России информационно-статистический бюллетень 2022 год: электронный // Министерство транспорта Российской Федерации: официальный сайт. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/12386> (дата обращения: 26.07.2023).
4. Белов А. С., Реформат А. Н., Трахинин Е. Л. Подход к определению рационального маршрута движения транспортных средств в условиях повышенной загруженности автомобильных дорог в городской агломерации // Информационные системы и технологии. 2023. № 1 (135). С. 46–52.
5. Реформат А. Н., Белов А. С., Добрышин М. М. Формализованная модель рационального управления маршрутом движения транспортных средств в городе // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта: IV Всероссийская научно-практическая конференция: сборник статей (Екатеринбург, 16 декабря 2022 года). Екатеринбург : изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 39-42.
6. Утенин В. Причины низкой эффективности российских компаний // Корпоративный менеджмент: URL: https://www.cfin.ru/management/controlling/low_eff_reasons.shtml (дата обращения 30.09.2023).
7. Белов А. С., Трахинин Е.Л., Реформат А. Н. Оценка уровня профессиональной пригодности должностных лиц ситуационных центров // Применение современных информационных технологий в служебно- боевой деятельности (26 апреля 2022 года): сборник статей межвузовской научно-практической конференции / под общ. ред. Д.В. Мироманова. Пермь: Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, 2022. С. 5-9.

8. Человеческий фактор в управлении: сборник статей. М.: КомКнига, 2006. 496 с. URL: <https://www.iprbookshop.ru/8497.html>.
9. Бурков В.Н., Буркова И.В., Новиков Д.А. Механизмы управления / под ред. Д. А. Новикова. М.: УРСС (Editorial URSS), 2011.
10. Теория управления (дополнительные главы) / Д.А. Новиков, Б.Р. Андриевский, М.В. Балашов [и др.]; под ред. Д. А. Новикова. М.: ЛЕНАНД, 2019. 552 с.
11. Гаджинский А. М. Логистика. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2007. 472 с.
12. Модели и методы теории логистики / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Ю.В. Малевич [и др.]; под ред. В. С. Лукинского. СПб.: Питер, 2008. 448 с.
13. Коновальчук Е.В., Новиков Д.А. Модели и методы оперативного управления проектами. М.: ИПУ РАН, 2004. 63 с.
14. Новиков Д.А. Методология управления. М.: Либроком, 2011.
15. Поспелов Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика. М.: Наука, 1986. 284 с.
16. Новиков Д.А. Управление проектами: организационные механизмы. М.: ПМСОФТ, 2007. 140 с.
17. Воропаев В.И. Управление проектами в России. М.: Аланс, 1995. 225 с.
18. Новиков Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. М.: ЛЕНАНД, 2016. 160 с.
19. Субботенко О. А. Основы имитационного моделирования сложных процессов и организационно-технических систем в среде AnyLogic. Орёл : Академия ФСО России, 2022. 302 с.
20. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами / под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. М.: Либроком, 2009. 264 с.

References

1. Internet-torgovlya v Rossii 2022 [Online trading in Russia 2022]. *Analytical company Data insight: official website*. Available at: https://datainsight.ru/eCommerce_2022 (accessed: 25.07.2023).
2. Rynok novykh LCV v 2022 godu [New LCV market in 2022]. *AUTOSTAT LLC: official website*. Available at: <https://www.autostat.ru/press-releases/53560/> (accessed: 26.07.2023).
3. *Transport Rossii. Informatsionno-statisticheskii byulleten' 2022 god* [Transport of Russia. Information and Statistical bulletin for 2022]. Available at: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/12386> (accessed: 26.07.2023).

4. Belov A. S., Reformatsky A. N., Trakhinin E.L. Podkhod k opredeleniyu ratsional'nogo marshruta dvizheniya transportnykh sredstv v usloviyakh povyshennoi zagruzhennosti avtomobil'nykh dorog v gorodskoi aglomeratsii [An approach to determining the rational route of vehicles in conditions of high traffic congestion in urban agglomeration]. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii = Information Systems and Technologies*, 2023, no. 1 (135), pp. 46-52.

5. Reformat A. N., Belov A. S., Dobrynin M. M. [Formalized model of rational management of the route of vehicles in the city]. *Innovatsionnoe razvitie tekhniki i tekhnologii nazemnogo transporta: IV Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya: sbornik statei* [Innovative development of land transport equipment and technologies. Collection of articles IV All-Russian Scientific and Practical Conference]. Yekaterinburg, 2023, pp. 39-42 (In Russ.).

6. Utenin V. Prichiny nizkoi effektivnosti rossiiskikh kompanii [The reasons for the low efficiency of Russian companies]. *Corporate management*. Available at: https://www.cfin.ru/management/controlling/low_eff_reasons.shtml (accessed: 30.09.2023).

7. Belov A. S., Trakhinin E.L., Reformat A. N. Reformat A. N. [Assessment of the level of professional fitness of officials of situational centers]. *Primenenie sovremennykh informatsionnykh tekhnologii v sluzhebno-boevoi deyatelnosti. Sbornik statei mezhvuzovskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Application of modern information technologies in service and combat activities. Collection of articles of the interuniversity scientific and practical conference]; ed. by D.V. Miromanov. Perm, 2022, pp. 5-9 (In Russ.).

8. *Chelovecheskii faktor v upravlenii. Sbornik statei* [The human factor in management. Collection of articles]. Moscow, KomKniga Publ., 2006. 496 p. Available at: <https://www.iprbookshop.ru/8497.html>.

9. Burkov V.N. I. Burkova. V. D. Novikov.A. *Mekhanizmy upravleniya* [Management mechanisms]; ed. by N. D. A. Novikov. Moscow: URSS (Editorial URSS) Publ., 2011.

10. Novikov D.A., Andrievsky B.R., Balashov M.V., etc. *Teoriya upravleniya (dopolnitel'nye glavy)* [Management Theory (additional chapters)]. Moscow, Lenenergo Publ., 2019. 552 p.

11. Gadzhinskii A. M. *Logistika* [Logistics]. Moscow, 2007, 472 p.

12. Lukinsky V.S., Lukinsky V.V., Malevich Yu.V. et al. *Modeli i metody teorii logistiki* [Models and methods of logistics theory]. St. Petersburg, Peter Publ., 2008. 448 p.

13. Konovalchuk E.V., Novikov D. A. *Modeli i metody operativnogo upravleniya proektami* [Models and methods of operational project management]. Moscow, IPU RAS Publ., 2004. 63 p.

14. Novikov D. A. *Metodologiya upravleniya* [Management Methodology]. Moscow, Librocom Publ., 2011.

15. Pospelov D. A. *Situatsionnoe upravlenie. Teoriya i praktika* [Situational management. Theory and practice]. Moscow, Nauka Publ., 1986, 284 p.

16. Novikov D. A. *Upravlenie proektami: organizatsionnye mekhanizmy* [Project management: organizational mechanisms]. Moscow, PMSOFT Publ., 2007, 140 p.
17. Voropaev V.I. *Upravlenie proektami v Rossii* [Project management in Russia]. Moscow, Alanson Publ., 1995, 225 p.
18. Novikov D. A. *Kibernetika: Navigator. Istoriya kibernetiki, sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya* [Cybernetics: Navigator. History of cybernetics, current state, development prospects]. Moscow, Lenenergo Publ., 2016, 160 p.
19. Subbotina O. A. *Osnovy imitatsionnogo modelirovaniya slozhnykh protsessov i organizatsionno-tekhnicheskikh sistem v srede AnyLogic* [Fundamentals of simulation modeling of complex processes and organizational and technical systems in the AnyLogic environment]. Orel, 2022. 302 p.
20. Burkov V.N., Korgin N.A., Novikov D.A. *Vvedenie v teoriyu upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Introduction to the theory of management of organizational systems]. Moscow, Librocom Publ., 2009. 264 p.

Информация об авторах / Information about the Authors

Белов Андрей Сергеевич, доктор технических наук, доцент, Академия ФСО России, г. Орел, Российская Федерация, e-mail: reforasx@yandex.ru

Andrei S. Belov, Dr. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Academy of the Federal Guard Services of Russia, Orel, Russian Federation, e-mail: reforasx@yandex.ru

Реформат Андрей Николаевич, Академия ФСО России, г. Орел, Российская Федерация, e-mail: reforasx@yandex.ru

Andrei N. Reformat, Academy of the Federal Guard Services of Russia, Orel, Russian Federation, e-mail: reforasx@yandex.ru

Трахинин Егор Леонидович, кандидат технических наук, Академии ФСО России, г. Орел, Российская Федерация, e-mail: reforasx@yandex.ru

Egor L. Trakhinin, Cand. of Sci. (Engineering), Academy of the Federal Guard Services of Russia, Orel, Russian Federation, e-mail: reforasx@yandex.ru

Биркун Николай Иванович, кандидат педагогических наук, доцент, Академии ФСО России, г. Орел, Российская Федерация, e-mail: reforasx@yandex.ru

Nikolay I. Birkun, Cand. of Sci. (Pedagogic), Academy of the Federal Guard Services of Russia, Orel, Russian Federation, e-mail: reforasx@yandex.ru