

И.А. Чебыкин¹, С.С. Семенов²¹ Компания TrafficData, Пермь, Россия² Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Проведено сравнение традиционных методов количественного и качественного анализа транспортных потоков по показателям трудоемкости и точности, указаны преимущества и недостатки данных методов. Предложен новый метод анализа транспортного потока, основанный на применении беспилотных летательных аппаратов и технологии компьютерного зрения на базе сверточных нейронных сетей. Рассмотренный метод позволяет полностью автоматизировать сбор и анализ данных о транспортных потоках. В статье описано первое применение предложенного метода при выполнении транспортно-экономических изысканий в рамках проектирования объекта «Северный обход г. Перми». Определены преимущества примененного метода по сравнению с традиционным. Для реализации данного проекта было разработано программное обеспечение TrafficData для анализа транспортных потоков по видеоматериалам.

Рассмотрен мониторинг дорожного движения, описаны его цели, задачи, указан необходимый функционал системы автоматизации мониторинга дорожного движения, перечислены параметры дорожного движения, которые она должна определять. Проанализирована методология реализации автоматизированной системы мониторинга дорожного движения по видеоматериалам на одном участке дороги. Описано, каким образом реализуется определение каждого параметра дорожного движения с помощью методов видеоаналитики. Приведены скриншоты реализации данного подхода в программном обеспечении TrafficData.

Представлен проект системы мониторинга дорожного движения, позволяющий расширить рассмотренный ранее подход на всю улично-дорожную сеть. Описаны технологии, позволяющие реализовать данную систему на основе видеоаналитики материалов с камер видеонаблюдения. Предложен метод реидентификации автомобиля, продемонстрирована реализация данного метода. Метод позволяет строить матрицу корреспонденции автомобилей, зафиксированных на камерах видеонаблюдения, расположенных на разных участках дорожной сети, а также определять все параметры дорожного движения для всей УДС.

В выводах подчеркивается актуальность поставленной задачи в соответствии с Приказом Минтранса РФ № 114 «Об утверждении порядка мониторинга дорожного движения», обозначаются перспективы развития разработанного программного обеспечения с точки зрения применения в интеллектуальных транспортных системах.

Ключевые слова: мониторинг дорожного движения, данные о транспортном потоке, транспортное моделирование, транспортно-экономические изыскания, компьютерное зрение, искусственный интеллект, видеоаналитика, параметры дорожного движения, интеллектуальные транспортные системы.

I.A. Chebykin¹, S.S. Semenov²¹ TrafficData Company, Perm, Russian Federation² Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

AUTOMATION OF TRAFFIC MONITORING USING COMPUTER VISION

In the article traditional methods of quantitative and qualitative analysis of traffic flows are compared in terms of labor intensity and accuracy, and the advantages and disadvantages of these methods are indicated. A new method of traffic flow analysis based on the use of unmanned aerial vehicles and computer vision technology based on convolutional neural networks is proposed. This method allows to fully automate the collection and analysis of data on traffic flows. In the article the first application of the proposed method when performing transport and economic surveys within the design of the "Northern Bypass of Perm" is described. The advantages of the applied method in relation to the traditional ones are described. To implement this project, TrafficData software was developed for analyzing traffic flows with the use of video materials.

Further, traffic monitoring is considered, its goals and objectives are described, the necessary functionality of the traffic monitoring automation system is specified, and the traffic parameters that it should determine are listed. The methodology for implementing an automated traffic monitoring system based on video materials in a single road section is examined. It is described how each traffic parameter is determined using video analytics methods. Screenshots of the implementation of this approach in the TrafficData software are provided.

A project of traffic monitoring system is presented, which allows extending the previously considered approach to the entire road network. The technologies that allow implementing this system based on video analysis of materials from video

surveillance cameras are described. A method of car reidentification is proposed, and the implementation of this method is demonstrated. The method allows building a matrix of correspondence of the cars recorded on video surveillance cameras located in different sections of the road network, as well as determining all traffic parameters for the entire road network.

In the conclusions the relevance of the task in accordance with the order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 114 on approval of the traffic monitoring procedure is emphasized, and the prospects for the improvement of the developed software in terms of application in intelligent transport systems are indicated.

Keywords: traffic monitoring, traffic flow data, transport modeling, transport and economic surveys, computer vision, artificial intelligence, video analytics, traffic parameters, intelligent transport systems.

Впервые в России транспортно-экономические изыскания были выполнены с применением искусственного интеллекта в рамках проектирования объекта «Северный обход г. Перми», выполняемого ОАО «Институт Гипростроймост». Учет интенсивности движения осуществляется посредством видеосъемки с беспилотного летального аппарата и последующего анализа видеоматериалов с помощью программного комплекса TrafficData.

Интерес к подобной тематике возник еще в середине XX в. Исследованию транспортных потоков были посвящены работы А.Ю. Ваймень [1], А.В. Кац [2], И.М. Сливак [3], В.В. Сильянова [4]. Ряд российских ученых активно обращается к данному вопросу и в настоящее время, фокусируя внимание на современных методах изучения с применением автоматизированных систем управления, компьютерного моделирования и технологии искусственного интеллекта [5–9].

Достаточно подробно провел анализ современных методов учета интенсивности движения профессор МАДИ М.Р. Якимов в ряде научных работ [10–12]. В своей монографии [10] на примере исследований, проводимых в г. Перми, он рассмотрел три основных способа, применяемых на практике:

1. Ручной способ – непосредственный сбор данных производится учетчиками. «Это специально обученные люди, которые стоят на перекрестках в течение дня и проводят замеры интенсивности движения с различных направлений».

2. Полуавтоматический – сбор информации осуществляется с помощью видеооборудования, которое позволяет производить видеосъемку на всем обследуемом перекрестке, а обработка собранной информации производится вручную.

3. Автоматический – с помощью детекторов учета транспорта, способ актуален для участков улично-дорожной сети, где установлено оборудование.

Способы оценивались по следующим показателям:

- ◆ единовременные затраты;
- ◆ текущие затраты;
- ◆ временные затраты на сбор/обработку информации;
- ◆ оценка качества собранных данных.

Анализ показал, что наиболее затратным с финансовой точки зрения является 3-й способ, так как требует установки датчиков под каждую полосу движения. Соответственно, 1-й способ является наименее затратным. Время, затраченное на обработку собранных материалов, составило: по 1-му способу – 1 ч, по 2-му способу – 3 ч, по 3-му – 15 мин. Самым точным является 2-й способ, так как позволяет производить подсчет автомобилей с видеозаписи несколько раз, чтобы исключить фактор человеческой ошибки. Поэтому полуавтоматический способ был принят за эталонный. При сравнении с эталоном 1-й способ показал относительные отклонения от 3 до 33,5 %, 3-й – от 7 до 57 %. Такие погрешности 3-го способа вызваны неточностями при считывании информации и несовершенством устройств, имеющихся в распоряжении исследователей.

Вывод: сравнительный анализ показал, что для получения исходной информации для единичных перекрестков необходимо использовать полуавтоматический способ сбора информации. Если использование полуавтоматического способа сбора информации невозможно на исследуемом перекрестке, то целесообразно использовать натурный способ сбора данных. Сбор данных с использованием датчиков учета транспорта показал недостоверность получаемых данных, погрешности составляют более 20 %.

Опыт применения TrafficData

С появлением квадрокоптеров способ с видеофиксацией стал еще более актуальным, так как теперь мы не привязаны к местам, где установлены камеры наблюдения за дорожной обстановкой и можем охватывать перекресток целиком, что позволяет одновременно фиксировать движение автомобилей по всем направлениям. Однако обработка таких видеоматериалов представляет определенную сложность. Например, установить интенсивность движения в каждом из 9 направлений на круговой развязке в створе ул. Генерала Буткова (г. Калининград) оказалось достаточно трудно (рис. 1).



Рис. 1. Съемка кругового пересечения с квадрокоптера

Развитие технологий компьютерного зрения и машинного обучения позволило автоматизировать данную задачу. Построенное на базе новейших архитектур сверточных сетей программное обеспечение TrafficData определило возможность доведения полуавтоматического способа, описанного М.Р. Якимовым [11], до полностью автоматизированного. В очередной раз искусственный интеллект позволил избавить человека от рутинного утомительного труда.

С помощью TrafficData существенно снижаются трудозатраты на сбор данных о транспортных потоках для перекрестка, участка дороги. В результате этого в рамках обычных транспортно-экономических изысканий удалось вывести реальное распределение интенсивности в течение всего дня. Теперь нет необходимости пользоваться коэффициентами неравномерности для определения среднесуточной интенсивности, приведенными в ОДМ 218.2.020–2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог». Известно, что данные коэффициенты определены на основе замеров, выполненных на МКАД с помощью датчиков [13]. По существу, эти данные являются частным случаем и не могут использоваться повсеместно. Также неэффективность краткосрочных наблюдений за интенсивностью движения подробно рассмотрена в работе Е.С. Краснова [14].

Таким образом, автоматизируется сбор данных на перекрестке или участке дороги, например, с целью микромоделирования транспортных потоков.

В рамках осуществления Государственной программы «Безопасные и качественные дороги» Минтранс РФ утвердил Приказы № 114 от 18 апреля 2019 г. и № 479 от 26 декабря 2018 г. о необходимости выполнения мониторинга дорожного движения. Для реализации этих мероприятий в масштабах страны необходимо автоматизировать макроисследования.

Мониторинг дорожного движения на базе TrafficData

Для начала сформулируем цели мониторинга дорожного движения в соответствии с Приказом Минтранса РФ от 18 апреля 2019 г. № 114 «Об утверждении порядка мониторинга дорожного движения»:

- ♦ оценить текущее качество организации дорожного движения;
- ♦ определить приоритетные мероприятия повышения качества организации дорожного движения дорожной сети;
- ♦ оценить эффективность мероприятий, предпринятых для повышения качества организации дорожного движения.

Для достижения этих целей необходимо, чтобы система мониторинга дорожного движения (СМДД) могла решать следующие задачи:

- ♦ определять параметры дорожного движения;
- ♦ накапливать данные о параметрах движения;
- ♦ формировать отчеты об изменениях параметров движения в наглядном виде.

Речь идет о параметрах дорожного движения, указанных в ОДМ 218.2.020–2012 и Приказе Минтранса РФ от 26 декабря 2018 г. № 479 «Об утверждении методических рекомендаций по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения в части расчета значений основных параметров дорожного движения» и представленных на рис. 2.

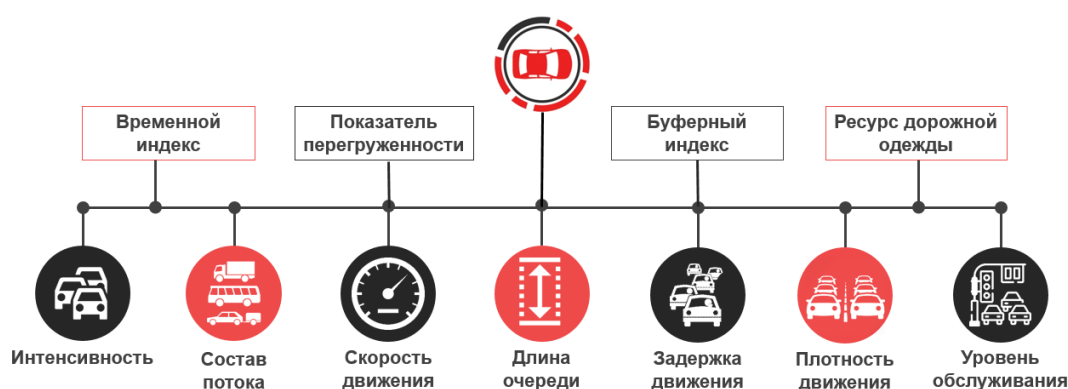


Рис. 2. Параметры дорожного движения, определяемые в TrafficData

Для решения описанных выше задач авторы адаптировали Приказы № 114 и № 479 к автоматизированной реализации и сформулировали Методику автоматизации мониторинга дорожного движения. Также на базе этой Методики был разработан проект организации СМДД, который позволяет определять все параметры движения для оценки качества дорожного движения не только на каждом участке дороги (перекрестке, между перекрестками), но и на всей трассе или сети дорог в режиме 24/7.

Для того чтобы решать поставленные задачи, СМДД должна обладать следующим функционалом:

- ♦ круглосуточно выполнять видеосъемку дорожной сети;
- ♦ обрабатывать видеоматериалы в непрерывном режиме, преодолевая поток поступающих видео;
- ♦ считывать регистрационные номера автомобилей;
- ♦ определять параметры движения;
- ♦ формировать базу параметров движения по всем участкам дороги на весь период наблюдения;
- ♦ обеспечивать работу с базой данных (осреднение, фильтрация, вывод отчетов).

Рассмотрим, как этот функционал реализован в TrafficData.

Интенсивность потока

Интенсивность движения определяется по направлениям. Они задаются створами, указываемыми пользователем на видео (рис. 3). Доступны 3 типа створов: входной, выходной и сквозной.

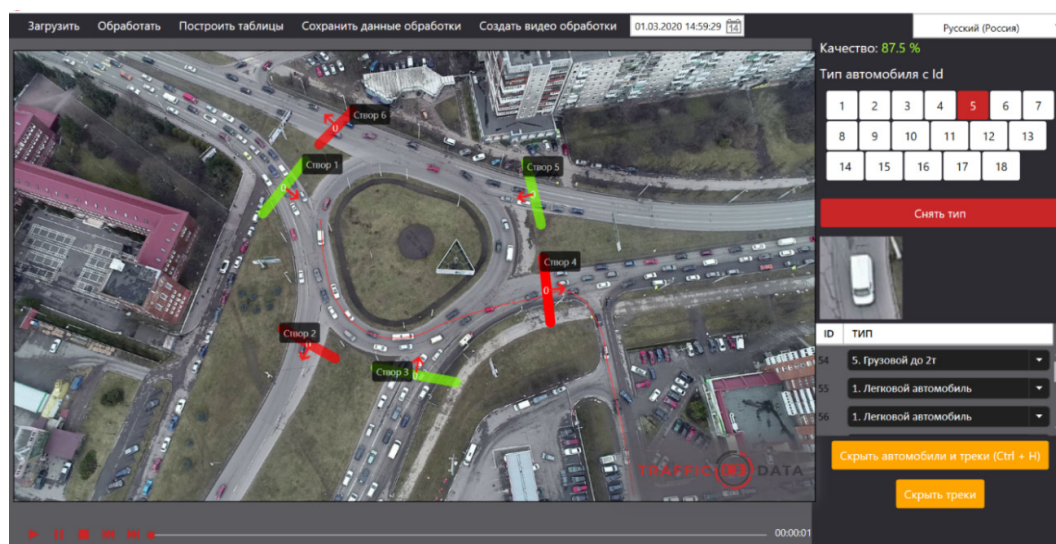


Рис. 3. Расстановка створов на видео

Состав потока

Качественный анализ транспортного потока, поддерживаемый в TrafficData, учитывает требования как Приказа Минтранса РФ, так и нормативных документов СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» – для загородных дорог, СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» – для городских дорог. Таким образом, TrafficData распознает 21 тип транспортных средств, представленных в таблице, а также пешеходов.

Типы транспортных средств и пешеходов

Номер типа	Расчетная категория транспортных средств
1	Легковые автомобили
2	Микроавтобусы
3	Мотоциклы и мопеды
4	Велосипеды
5	Небольшие грузовики (фургоны)
6	Двухосные грузовые автомобили
7	Трехосные грузовые автомобили
8	Четырехосные грузовые автомобили
9	Четырехосные автопоезда (двухосный грузовой автомобиль с прицепом)
10	Пятиосные автопоезда (трехосный грузовой автомобиль с прицепом)
11	Трехосные седельные автопоезда (двухосный седельный тягач с полуприцепом)
12	Четырехосные седельные автопоезда (двухосный седельный тягач с полуприцепом)
13	Пятиосные седельные автопоезда (трехосный седельный тягач с полуприцепом)
14	Пятиосные седельные автопоезда (двухосный седельный тягач с полуприцепом)
15	Шестиосные седельные автопоезда, автобусы особо большого класса
16	Автомобили с семью и более осями
17	Автобусы малой вместимости
18	Автобусы средней вместимости
19	Автобусы большой вместимости
20	Троллейбусы
21	Сочлененные автобусы и сочлененные троллейбусы
22	Пешеходы

Скорость движения

По видеоизображению определяется:

- ◆ мгновенная скорость в каждой точке траектории;
- ◆ средняя скорость на участке между створами;
- ◆ скорость с 85-, 95%-ной обеспеченностью.

Для наглядного отображения распределения скоростей движения на перекрестке доступна тепловая карта (рис. 4).

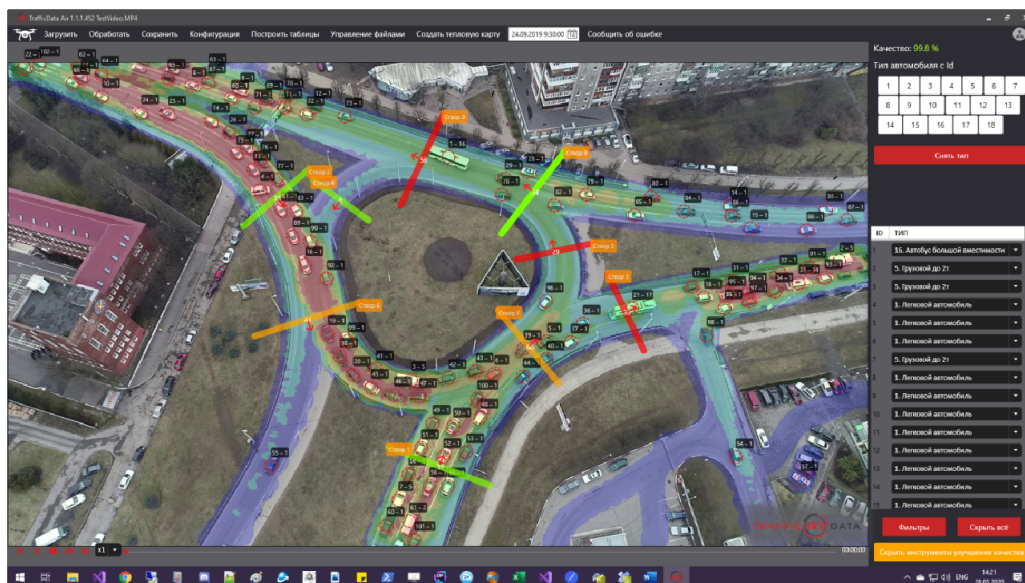


Рис. 4. Тепловая карта распределения скоростей движения по участку дороги

Плотность движения

Плотность движения для участка дороги определяется по формуле

$$\rho = \frac{1}{\bar{I} \cdot \bar{V}},$$

где ρ – количество автомобилей, приведенных к легковому, на километр; $\bar{I}$ – средний временной интервал между приведенными автомобилями; $\bar{V}$ – средняя скорость движения транспортных средств на участке дороги.

Длина очереди

TrafficData позволяет по видеоизображению определить длину очереди и время, проведенное автомобилем в очереди по рассматриваемому направлению, а также время стоянки. Критерием попадания автомобиля в очередь является расстояние между автомобилями в свету не более 5 м (рис. 5).

Задержка в движении

Для определения времени задержки движения вначале необходимо определить время преодоления участка дороги при свободном движении. Критерий свободного движения задается пользователем как минимальный интервал между автомобилями при скорости движения более порогового значения. В случае, если нет данных по свободному движению, они определяются через максимально разрешенную скорость на участке дороги.

Далее на основе собранных по видео данных определяются вычисляемые параметры движения:

- ◆ уровень обслуживания;
- ◆ показатель перегруженности;
- ◆ временной индекс;
- ◆ буферный индекс.

По запросу результаты анализа выводятся в MS Excel.

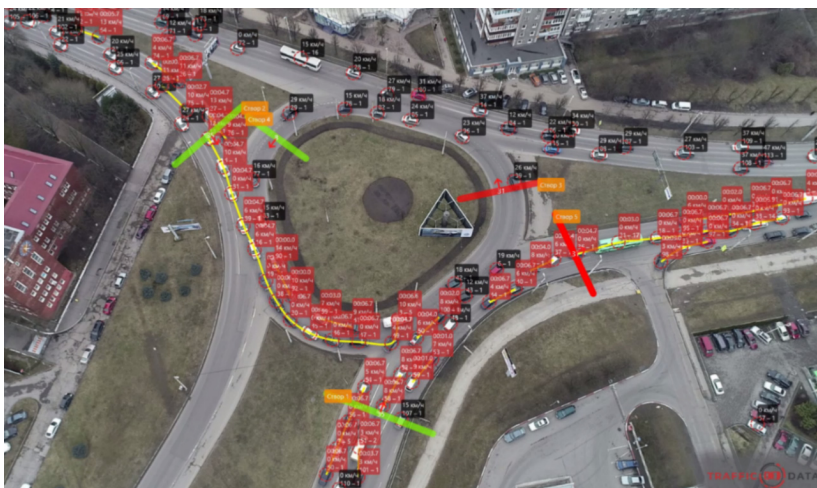


Рис. 5. Скриншот визуализации формирования очередей на перекрестке (автомобили, попавшие в очередь, объединены желтыми линиями, ярлычки сменяют цвет с черного на красный, отображается время, проведенное в очереди)

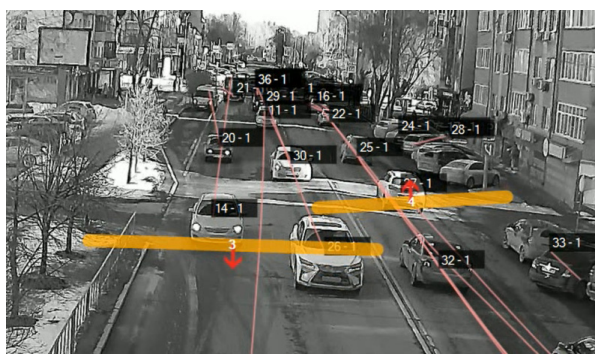
Проект Системы мониторинга дорожного движения

Авторами разработан проект СМДД для трассы 1500 км, которая разделена на 300 участков. Вход и выход каждого участка оснащается камерами. Система ведет мониторинг дорожного движения 24/7, полностью автоматически, выполняя все требования нормативных документов.

Для реализации данного проекта были объединены две технологии: распознавание номеров и детекция автомобилей по видеоизображению (рис. 6). Это позволило: во-первых, строить матрицу корреспонденции, наблюдая автомобиль с разных камер, т.е. по всей сети дорог, оснащенной СМДД; во-вторых, получать все необходимые данные об автомобиле по видеоизображению без подключения к базе данных ГИБДД, что решило вопрос с персональными данными.



а



б

Рис. 6. Детекция номеров (а) и анализ потока автомобилей по видеоизображению (б)

В результате глубокой оптимизации алгоритмов компьютерного зрения удалось настолько снизить системные требования, что это позволило управлять сетью из 100 камер всего одним сервером в потоковом режиме. При этом общая стоимость системы составила всего 100 тыс. руб./км.

Выводы

Потребность в данных о транспортном потоке стала настолько актуальной, что Минтранс РФ готов каждый год выставлять по человеку на каждые 300 м дороги для их сбора. При этом качество таких данных оставляет желать лучшего [10]. С помощью СМДД, которой

авторы предлагают оснастить сеть обследуемых дорог, эти данные можно получать каждые 5 мин с точностью 95 %.

Для того чтобы управлять каким-либо процессом, необходимо обладать данными о нем. Только регулярно собирая полные и достоверные данные о дорожном движении, мы сможем перейти к созданию ИТС. Для решения задачи сбора данных и была создана TrafficData [15].

Список литературы

1. Ваймень А.Ю., Пихлак И.О. Об определении среднегодовой суточной интенсивности движения на местных дорогах Эстонской ССР // Труды Таллиннского политехнического института. – 1970. – № 292. – С. 3–10.
2. Кац А.В. Распределение часовой интенсивности движения автомобилей в течение года // Автомобильные дороги и аэродромы. – 1970. – № 2. – С. 21–22.
3. Сливак И.М., Колесникова Э.П. Методика изучения интенсивности движения и транспортных потоков на подходах к городам и промышленным центрам УССР / Мин-во автомобильного транспорта и шоссейных дорог УССР. – Киев, 1966. – С. 33.
4. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организация движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
5. Джафаров Р.М. Расчет скоростей движения при разработке планировочных решений транспортных развязок с направленными съездами // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2020. – № 2 (92). – С. 13–16.
6. Джафаров Р.М. Исследование скоростей движения на транспортных развязках с направленными съездами // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2020. – № 2 (92). – С. 7–9.
7. Detecting botnet based on network traffic / N.V.T. Hiep, T.V. Nikolaevich, D.M. Tuan, N.T. Lam, N.A. Tuan // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. – 2020. – Vol. 9 (3). – P. 3010–3014. DOI: 10.30534/ijatse/2020/79932020
8. Multiplicative method for creating the traffic monitoring base in a megapolis / O. Makovetskaya-Abramova, Y. Lazarev, M. Gravit, S. Silla, M. Shakhova // E3S Web of Conferences, 20–22 November. – Moscow, 2019. DOI: 10.1051/e3sconf/202016403023
9. Burlov V., Lepeshkin O., Lepeshkin M. Parameters of the synthesized model of management of technosphere safety in the region // E3S Web of Conferences, 20–22 November. – Moscow, 2019. DOI: 10.1051/e3sconf/202016407011
10. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография. – М.: Логос, 2013. – 187 с.
11. Якимов М.Р., Кандалина Г.Н. Сравнительный анализ различных способов сбора информации об интенсивности транспортных и пешеходных потоков // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 10. – С. 22–29.
12. Трофименко Ю.В., Якимов М.Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов: монография. – М.: Логос, 2013. – С. 464.
13. Менделеев Г.А. Закономерности изменения во времени интенсивности городского автомобильного движения: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2001. – 166 с.
14. Краснов Е.С., Семенов С.С., Михайлов Н.Ю. Достоверность информации об интенсивности движения и надежность решения инженерных задач // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 3 (27). – С. 72–84.
15. OpenMP: сайт. – URL: <http://trafficdata.ru> (дата обращения 23.10.2020).

References

1. Vaimen' A.Iu., Pikhla I.O. Ob opredelenii srednegodovoi sutochnoi intensivnosti dvizheniia na mestnykh dorogakh Estonskoi SSR [On the definition average annual daily traffic on local roads of the Estonian SSR] Trudy Tallinskogo politekhnicheskogo instituta. Tallinn, 1970, no. 292, pp. 3–10.

2. Kats A.V. Sootnoshenie chasovoi i sutochnoi intensivnosti dvizheniia [The ratio of hourly and daily traffic] *Avtomobil'nye dorogi i aerodromy*, 1968, no. 3, 23 p.
3. Slivak I.M., Kolesnikova E.P. Metodika izucheniia intensivnosti dvizheniia i transportnykh potokov na podkhodakh k gorodam i promyshlennym tsestram USSR [Methods of study of traffic and traffic flows on the approaches to towns and industrial centres of the USSR] Kiev, Ministerstvo avtomobil'nogo transporta i shosseinykh dorog USSR, 1966, 33 p.
4. Sil'ianov V.V. Teoriia transportnykh potokov v proektirovanii dorog i organizatsiia dvizheniia [Theory of traffic flows in the design of roads and organization of traffic] Moscow, Transport, 1977.
5. Dzhaifarov R.M. Raschet skorostej dvizheniia pri razrabotke planirovochnykh reshenij transportnykh razvjazok s napravlennymi s#ezdami [Calculation of traffic speeds when developing planning solutions for transport interchanges with directional exits] *Science and technology in the road industry*, 2020, no. 2 (92), pp. 13–16.
6. Dzhaifarov R.M. Issledovanie skorostej dvizheniia na transportnykh razvjazkah s napravlennymi s#ezdami [Investigation of traffic speeds at interchanges with directional exits] *Science and technology in the road industry*, 2020, no. 2 (92), pp. 7–9.
7. Hiep N.V.T., Nikolaevich T.V., Tuan D.M., Lam N.T., Tuan N.A. Detecting botnet based on network traffic. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 2020, vol. 9 (3), pp. 3010–3014. DOI: 10.30534/ijatcse/2020/79932020
8. Makovetskaya-Abramova O., Lazarev Y., Gravit M., Silla S., Shakhova M. Multiplicative method for creating the traffic monitoring base in a megapolis. *E3S Web of Conferences*, 20–22 November, Moscow, 2019. DOI: 10.1051/e3sconf/202016403023.
9. Burlov V., Lepeshkin O., Lepeshkin M. Parameters of the synthesized model of management of technosphere safety in the region. *E3S Web of Conferences*, 20–22 November, Moscow, 2019. DOI: 10.1051/e3sconf/202016407011.
10. Yakimov M.R. Transportnoe planirovanie: sozdanie transportnykh modelej gorodov: monografiya [Transport planning: the creation of transport models of cities: monograph] Moscow, Logos, 2013, 187 p.
11. Jakimov M.R., Kandalina G.N. Sravnitel'nyj analiz razlichnykh sposobov sbora informacii ob intensivnosti transportnykh i peshehodnykh potokov [Comparative analysis of various methods of gathering information about the intensity of traffic and pedestrian flows] *Avtotransportnoe predpriiatie*, 2012, no. 10, pp. 22–29.
12. Trofimenko Yu.V., Yakimov M.R. Transportnoe planirovanie: formirovanie effektivnykh transportnykh sistem krupnykh gorodov: monografiya [Transport planning: the formation of efficient transport systems of large cities: monograph] Moscow, Logos, 2013, 464 p.
13. Mendelev G.A. Zakonomernosti izmeneniia vo vremeni intensivnosti gorodskogo avtomobil'nogo dvizheniia [Patterns of changes in the intensity of urban automobile traffic over time] Ph.D. thesis. Moscow, 2001, 166 p.
14. Krasnov E.S., Semjonov S.S., Mihajlov N.Ju. Dostovernost' informacii ob intensivnosti dvizheniia i nadezhnost' resheniia inzhenernykh zadach [Reliability of information about traffic intensity and reliability of solving engineering problems] *PNRPU Bulletin, Applied ecology. Urban development*, 2017, no. 3 (27), pp. 72–84.
15. OpenMP, available at: <http://trafficdata.ru> (accessed 23 October 2020).

Получено 23.10.2020

Об авторах

Чебыкин Иван Андреевич (Пермь, Россия) – инженер-проектировщик транспортных сооружений, генеральный директор компании TrafficData (614066, г. Пермь, ул. Стахановская, 45б, e-mail: chebykin.i.a.2017@yandex.ru).

Семенов Семен Семенович (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: sss84@mail.ru).

About the authors

Ivan A. Chebykin (Perm, Russian Federation) – Engineer-Designer of Transport Structures, General Director of TrafficData (45b, Stakhnovskaya st., Perm, 614066, Russian Federation, e-mail: chebykin.i.a.2017@yandex.ru).

Semen S. Semenov (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer, Department of Roads and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: sss84@mail.ru).