

DOI: 10.34220/2311-8873-2022-85-93



УДК 625.5

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

**ОПТИМИЗАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ОБЪЕМОВ ПАССАЖИРОПОТОКОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ
ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ И РОЯ
ЧАСТИЦ**

✉¹**Караева Марина Руслановна**
к.э.н., доцент кафедры «Организация
перевозок и дорожного движения»
Донского государственного технического
университета, РФ
e-mail: mari.karaeva@gmail.com

Напхоненко Наталья Васильевна
к.э.н., профессор кафедры производственный
и инновационный менеджмент
Южно-Российского государственного
политехнического университета (НПИ)
имени М.И. Платова, РФ

Семчугова Елена Юрьевна
к.э.н., доцент кафедры «Организация
перевозок и дорожного движения»
Донского государственного
технического университета, РФ

Негров Николай Семенович
к.э.н., доцент кафедры «Организация
перевозок и дорожного движения»
Донского государственного технического
университета, РФ

Аннотация.

Представлены возможные пути
использования метода регрессивных машин
опорных векторов для прогнозирования
пассажиropотоков. Доказано, что алгоритм
оптимизации позволяет решать поставленную
задачу в пределах рассмотренных методов.

Ключевые слова: ПАССАЖИРОПОТОКИ,
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, МЕТОД ОПОРНЫХ
ВЕКТОРОВ, МЕТОД РОЯ ЧАСТИЦ.

¹*Автор для ведения переписки*

**OPTIMIZATION AND FORECASTING
OF VOLUME PASSENGER FLOW WITH
THE APPLICATION OF THE SUPPORT
VECTOR AND PARTICLE SWAR
METHODS**

✉¹**Karaeva Marina Ruslanovna**
candidate of economic sciences, docent
of the Department of Organization of
Transportation and Road Traffic Don State
Technical University, RF
e-mail: mari.karaeva@gmail.com

Naphonenko Natalya Vasilevna
PhD in economics, professor of the
Department of Production and Innovation
Management South Russian State
Polytechnic University (NPI) named
after M.I. Platova, RF

Semchugova Elena Yurevna
candidate of economic sciences,
docent of the Department of Organization of
Transportation and Road Traffic Don State
Technical University, RF

Negrov Nikolai Semenovich
candidate of economic sciences,
docent of the Department of Organization of
Transportation and Road Traffic Don State
Technical University, RF

Annotation.

Possible ways of using the method of
regressive support vector machines for
predicting passenger traffic are presented. It
is proved that the optimization algorithm
allows solving the problem within the limits
of the considered methods.

Keywords: PASSENGER FLOW,
FORECASTING, SUPPORT VECTOR
METHOD, PARTICLE SWAR METHOD.

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Современные условия развития экономики и повсеместное внедрение клиенто-ориентированного подхода требуют совершенствования методов и подходов в управлении городским пассажирским транспортом. Являясь сложной системой, на которую влияет множество факторов, комплекс пассажирского транспорта вносит неопределимый вклад в развитие культу-

ры, туризма и экономики городов и регионов. Развитие и совершенствование транспортной системы пассажирских перевозок способствует повышению привлекательности транспорта, что особенно актуально в условиях роста уровня автомобилизации и негативного влияния транспорта на окружающую среду.

По этой причине возникает необходимость построения и развития методов совершенствования системы пассажирского транспорта, позволяющих учесть особенности прогнозирования и формирования динамически меняющихся пассажиропотоков в районах городов и мегаполисов. Применение математических методов позволяет повысить эффективность этих процессов.

В настоящее время в процессе реформ большое значение в формировании и оценке новых экономических отношений, приобретают подходы, учитывающие особенности территорий формирования и предоставления услуг. При этом принципы построения любой транспортной модели имеют признаки общности и требуют учета объективных закономерностей функционирования рынка транспортных услуг и изменения пассажиропотоков [1-3].

С целью повышения обоснованности принимаемых управленческих решений, в первую очередь, необходимо использование экономико-математических методов, что в конечном итоге позволит спрогнозировать спрос на пассажирские перевозки. Работа посвящена достижению данной цели для оптимизации и прогнозирования пассажиропотоков с использованием метода регрессивных машин опорных векторов.

Проблемам развития пассажирского транспорта в городах посвящены работы следующих отечественных ученых: В.А. Гудкова, С.А. Дугина, И.В. Спирина, В.М. Курганова, С.А. Ваксмана, Н.Б. Островского, И.Е. Ефремова, В.В. Зырянова, А.И. Седова, В.А. Юдина и многих других. Они рассматривали вопросы организации, управления, повышения эффективности деятельности общественного транспорта. Применение экономико-математических методов для оценки и оптимизации работы городского транспорта описано в работах Л.Б. Миротина, В.М. Хрущева, В.Б. Зотова, А.С. Михайлова, Е.В. Бережного, Н.Н. Тельновой и многих других отечественных и зарубежных ученых-транспортников [4, 5].

Управление системой городских пассажирских перевозок регламентирует обеспечение регулярности движения подвижного состава на маршрутах, повышение плотности и других характеристик транспортной сети, но при этом удовлетворенность спроса на пассажирские услуги в городах решается не всегда. Поэтому в рамках поставленной цели задачей исследования мы определили развитие применения методов анализа и оценки функционирования городского пассажирского транспорта. Кроме того, в некоторых случаях необходимо организовать работу транспорта таким образом, чтобы за короткий промежуток времени освоить массовые пассажиропотоки из районов городских агломераций по всем направлениям и при этом обеспечить достаточно высокий уровень качества [6-8].

2 Материалы и методы

Известно, что разработка специальных моделей организации транспортного обслуживания населения, даже для отдельных участков маршрутной сети, представляет собой сложный процесс. В связи с этим, практическое применение могут иметь модели, которые позволяют определить разницу между прогнозируемым транспортным потоком и фактическим объёмом предоставленной услуги. Этим объясняется необходимость разработки моделей более высокого класса, которые позволят с наименьшими временными потерями спрогнозировать необходимый объём услуг. Это, в свою очередь, влияет на инфраструктуру и развитие транспортной системы в целом [9, 10].

На основании анализа существующих методов оценки и прогнозирования изменений объёмов пассажиропотоков, и спроса на транспортные услуги, можно сделать вывод, что большинство из них применяются для стратегического прогнозирования спроса на транспортные услуги, что обусловлено периодичностью получения необходимой информации о влияющих на спрос факторах: численности населения, валового регионального продукта, среднедушевого дохода, транспортной подвижности населения и т.д. При этом оценки удовлетворения

потребностей пассажиров к различным факторам (социально-экономическим, финансовым, качественным характеристикам транспорта, инфраструктурным) являются частью прогнозирования изменений объемов пассажирских перевозок и спроса на транспортные услуги.

Предлагается использовать процесс прогнозирования с помощью регрессионной машины опорных векторов (support vector machine-SVR), основанный на принципе минимизации структурного риска. Его обучающий процесс состоит в поиске оптимального решения выпукло-квадратичного программирования, поэтому его решение является единственным глобальным оптимальным решением. Внедрение алгоритма оптимизации роя частиц (PSO) в оптимизацию параметров позволит повысить точность прогнозирования [10-12].

3 Результаты исследований

Для разделения исторических данных $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n \subset R^n \times n$, где n – емкость обучающей выборки, x_i – представляет входящий пассажиропоток за последние три года; y_i – выходящий (спрогнозированный) пассажиропоток, т.е. входом в систему является часть данных пассажиропотока за три года; весь поток пусть будет равен Π , а часть – p . Часть p применяется для обучения машины. Далее для проверки аккуратности обучения необходимо испытывать машину, чтобы была возможность прогнозировать остальную часть $(\Pi-p)$ [13-15].

Цель обучения с помощью метода опорных векторов состоит в том, чтобы найти гиперплоскость, которая минимизирует разницу между прогнозируемым и y_i фактическим значениями пассажиропотока. Эта гиперплоскость может быть представлена следующим функциональным выражением:

$$\phi: R^n \rightarrow F; \omega \in F,$$

где $\phi(x)$ – нелинейное отображение входного вектора (x) в многомерном пространстве F ; $\langle \omega, \phi x \rangle$ – скалярное произведение в пространстве F , а значения переменного ω – перпендикуляр к разделяющей гиперплоскости, рассчитывается путем минимизации эмпирической функции:

$$R f = \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + c \sum_{i=1}^n \zeta_i f(x_i - y_i);$$

$$\zeta_i f(x_i - y_i) = \max(0, |y_i - f(x_i)| - \omega),$$

где $f(x)$ – пассажиропоток, прогнозируемый с помощью SVR.

Параметр настройки метода C позволяет регулировать отношение между максимизацией ширины разделяющей полосы и минимизации суммарной ошибки [16, 17]. Роль данного параметра C заключается в согласовании баланса между эмпирическим риском $\zeta_i f(x_i - y_i)$ и регулируемой частью $\frac{1}{2} \|\omega\|^2$ [16].

С учетом описанного уравнения добавление неотрицательной переменной резерва в модель прогнозирования может преобразовать указанную проблему в задачу выпуклой оптимизации:

$$\min_{w,b} \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + c \sum_{i=1}^n \zeta_i + \zeta_i^* ;$$

$$\begin{cases} y_i - \omega^T x_i + b < \varepsilon + \zeta_i, \\ \omega^T x_i + b - y_i < \varepsilon + \zeta_i^*, \\ \zeta_i, \zeta_i^* \geq 0, \end{cases}$$

где b – смещение или отклонение. Коэффициенты w и b оцениваются путем минимизации функции риска; ε – размер «трубы» – это наименьшее расстояние, равноудаленное от опорных векторов, а $(f(x) - y)$ – чувствительная функция.

В соответствии с алгоритмом Франка-Вульфа для задач «седловой» точки и условиями двойственной теории приведенная выше формула выражается следующим образом:

$$\max_a \left[\sum_{i=1}^m \alpha_i - \alpha_i^* y_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \alpha_i - \alpha_i^* \alpha_j - \alpha_j^* k(x_i, x_j) - \sum_{i=1}^m \alpha_i - \alpha_i^* \varepsilon \right];$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m \alpha_i - \alpha_i^* = 0, \\ 0 \leq \alpha_i, \alpha_i^* \leq C, \end{cases}$$

где α и α^* – выпуклые и вогнутые множества, которые рассчитываются с помощью метода множителей Лагранжа для нахождения условного экстремума функции $f(x)$ к размеру шага; $k(x_i, x_j)$ – функция ядра итерации.

После решения вышеуказанных задач можно получить выражение для прогнозирования пропускной способности системы пассажирского транспорта:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \alpha_i^* K(x_i, x_j) + b,$$

где $f(x)$ – пропускная способность, прогнозируемая машиной регрессии опорных векторов; $K(x_i, x_j)$ – функция ядерного метода (kernel Function).

Добавление функции ядра к машине опорных векторов может уменьшить объем вычислений и решить нелинейную задачу. Появляется возможность применять регрессионную машину опорных векторов для разных функций ядра: линейной, полиномиальной, Гаусса, сигмоидальной и функции Лапласа [17, 18].

Наиболее обоснованным и перспективным, на наш взгляд, является применение функции ядра типа Гаусса (как первоначальное обучение машины). Она имеет два параметра: штрафные коэффициенты C и параметр ядра A . Параметр штрафа C определяет штраф за неправильно классифицированные образцы, чем больше параметр C , тем выше штраф ошибки обучающей выборки. Это объясняется тем, что в функции ядра B -сплайна параметры v и a удовлетворяют условию Мерсера для некоторых конкретных значений. Поэтому для снятия ограничения от полиномиальной функция ядра, когда размер пространства признаков высок, рекомендуется применять ядерную функцию радиального базиса (Гаусса), которая имеет только один параметр σ . Параметр σ – это параметр в функции радиального базиса [19, 20]. Функция радиального базиса имеет следующую математическую модель:

$$k(x_i, x_j) = e^{\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{\sigma^2} \right)}.$$

Результаты моделирования и обучения машины представлены на рисунке 1. Они ограничены в пределе трех сигм.

Для оптимизации параметров (штрафного коэффициента C и параметра ядра A) предлагается применять бионический алгоритм роя частиц (PSO). В итеративном процессе для частицы, заменяющей скорость и собственное положение в соответствии с индивидуальным экстремумом и глобальным экстремумом, имеет следующий вид:

$$V_{i,t}^{k+1} = w V_i^k + c_1 (pbest_i - S_i^k) + c_2 (gbest - S_i^k),$$

где $V_{оп}^{k+1}$ – скорость движения до следующего значения; w – весовая функция; V_i^k – актуальная скорость; c_1, c_2 – весовые коэффициенты; $pbest_i$ – личное наилучшее значение по $F_{оп}$; S_i^k – текущее положение i -го агента; $gbest$ – глобальное наилучшее значение. Результат оптимизации представлен на рисунках 2-3.

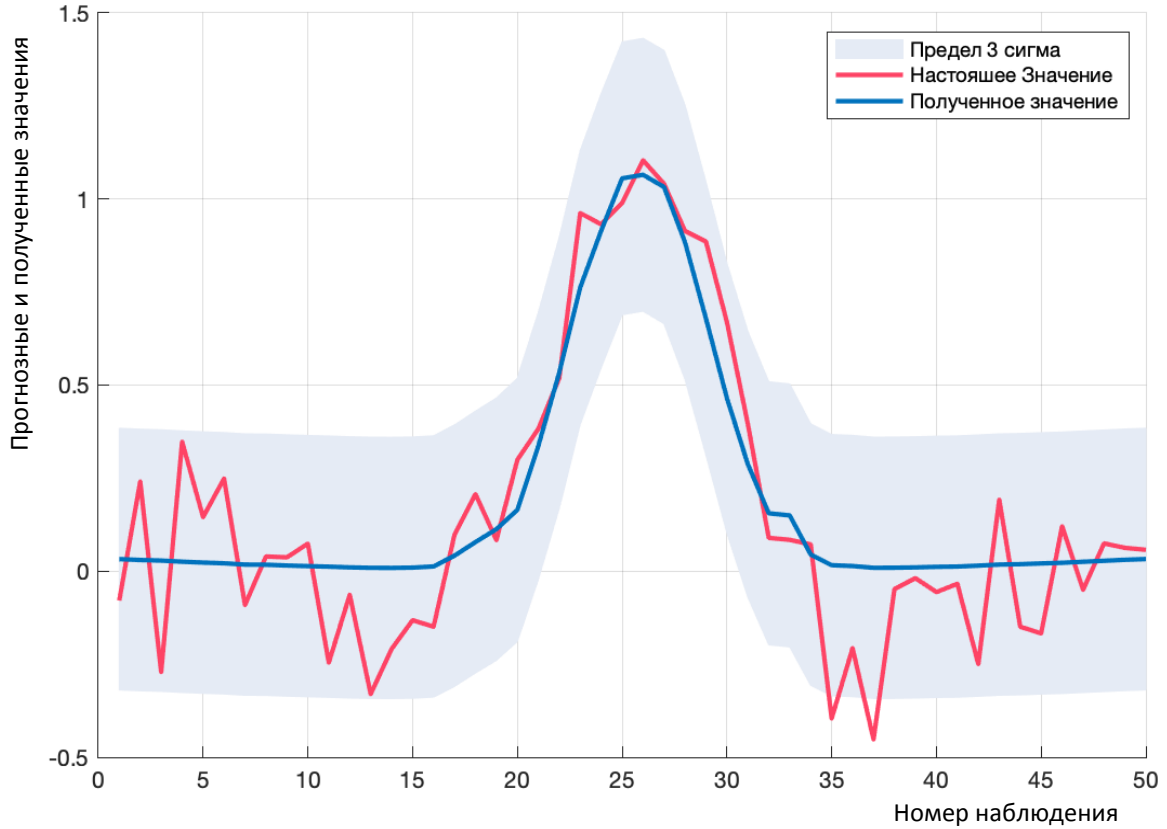


Рисунок 1 – Обучение машины опорных векторов с помощью функции Гаусса

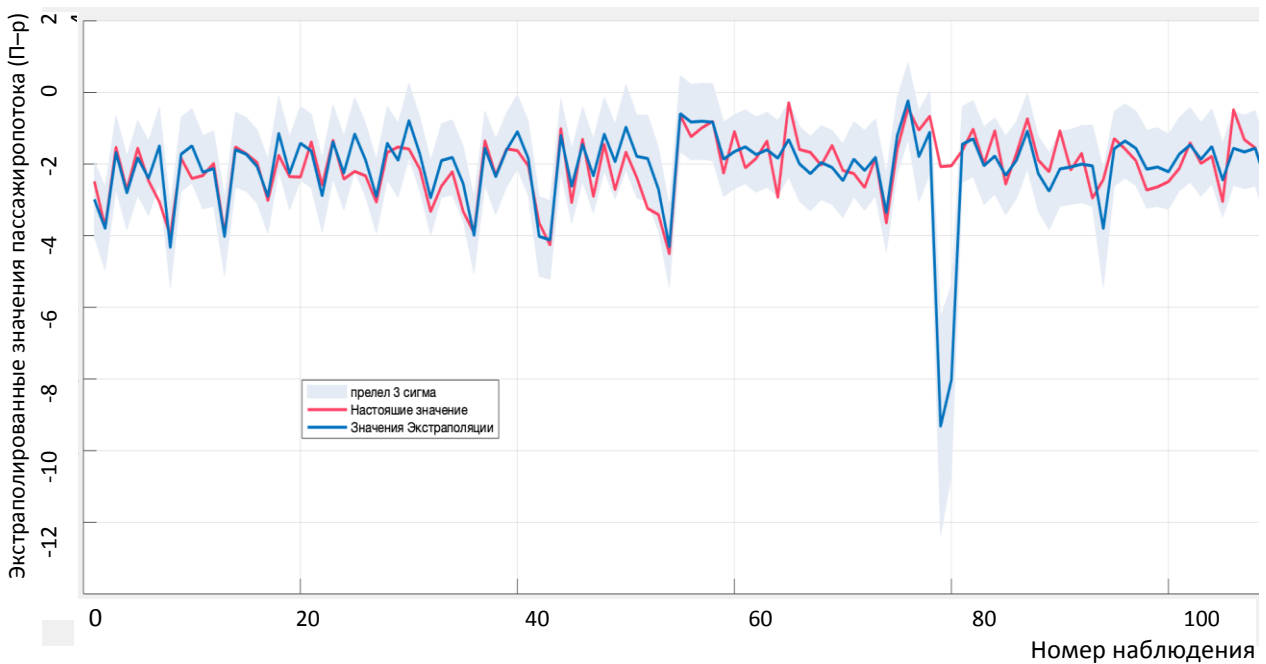


Рисунок 2 – Результат оптимизации экстраполяции потока с помощью метода роя частиц

Размер «трубы» экстраполированных значений целевой функции пассажиропотока ($\Pi - p$) охватывает оптимальное значение g_{best} (рис. 3). При этом размер «трубы» уменьшился при использовании процесса прогнозирования с помощью опорных векторов совместно с алгоритмом роя частиц (SVR+PSO) по сравнению с оригинальным подходом использования только SVR. Результаты оптимальной экстраполяции SVR+PSO стали ближе к реальным значениям ($\Pi - p$), чем в случае использования оригинального метода SVR.

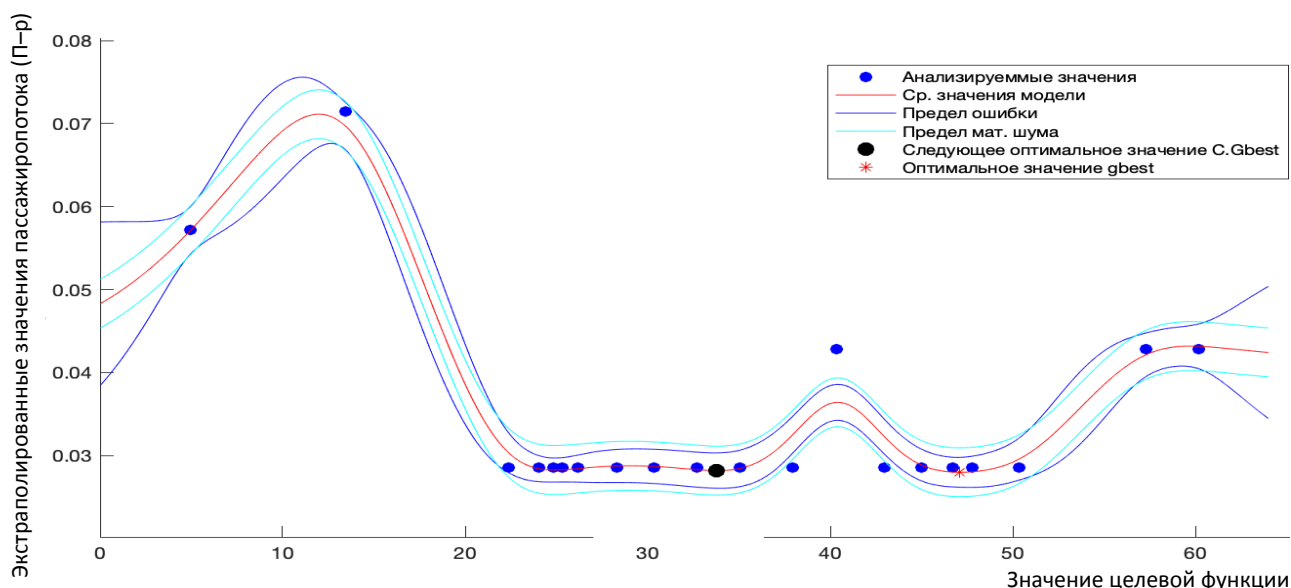


Рисунок 3 – Анализ критических значений в пределе 3-сигма

4 Обсуждение и заключение

Из переходного процесса и полученных значений экстраполяции следует, что использование алгоритма оптимизации успешно решает поставленную задачу в пределах ограничения трех сигм. Полученное значение параметра ядра A является 7,82, при этом точность экстраполяции результатов составляет 97,14 %, а значение ошибки мало и равно 10^{-6} (по отношению к значению 3-сигма). Удовлетворительные результаты экстраполяции с помощью SVR должны быть не менее 3-сигма (93,3 %, а мы получили 97,14 %), что дает возможность применять предложенную модель для других типов функций ядра. Для этого количество изменений необходимых признаков несущественно отличаются от тех, которые были рекомендованы для функции Гаусса.

Список литературы

1 Колбачев Е. Б., Напхоненко Н. В., Караева М. Р., Малоштан Дмитрий. Разработка специализированных моделей городских пассажирских перевозок [Электронный ресурс] / SHS Web of Conferences. – 2019. – Вып. 67: Пятнадцатая научно-практическая международная конференция «Международная транспортная инфраструктура, промышленные центры и корпоративная логистика» (НТИ-УкрСУРТ 2019), г. Харьков, Украина, 6-8 июня 2019 г. – № статьи 03005. – 7 с. – URL : https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2019/08/shsconf_NTI-UkrSURT2019_03005.pdf.

2 Models of Estimation of Application of Passenger Service Quality Parameters / E.

Semchugova, V. Zyryanov, N. Negrov, A. Nikitina // Transportation Research Procedia . – 2017. – № 20 (2017). – P. 584 – 590.

3 Пожидаев М. С. Алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта : дисс. ... канд. техн. наук, Томск, [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.marigostra.ru/materials/disser.html>, 2010. – 134 с.

4 Журавлев Н. П., Маликов О. Б. Транспортные и грузовые системы. М – Маршрут, (2006). – 54 с.

5 Зырянов В. В., Семчугова Е. Ю., Мирончук А. А. Опыт оптимизации маршрутных сетей общественного транспорта в городах южного федерального округа // Безопасность, дорога, дети : практика, опыт, перспективы и технологии: материалы форума, 2015 (Ростов-на-Дону). – С.121-124.

6 Караева М. Р., Напхоненко Н. В., Перевознюк В. Управление динамически изменяющимися транспортными потоками / Международный инженерно-технологический журнал. – 2018. – Вып. 7. – С. 222-227.

7 Воронцов К. В. Лекции по методу опорных векторов [Электронный ресурс]. URL : <http://www.ccas.ru/voron/download/SVM.pdf> (дата обращения : 11.11.2022).

8 Жанказиев С. В. [и др.] Эффективность эксплуатации и функционирования системы непрямого регулирования и контроля транспортных потоков / С. В. Жанказиев [и др.] // Международный журнал прикладных инженерных исследований. – 2017. – Вып. 12, ис. 13. – С. 3645-3652.

9 Семчугова Е. Ю., Костенко А. А., Овчаренко А. А. Анализ транспортного обеспечения пассажиров Ростовской агломерации / Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств : сб. науч. тр. по материалам XVI Междунар. науч.-техн. конф. / Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А. – Саратов, 2021. – С. 39-42.

10 Хегай Ю. А. Зарубежный опыт транспортной политики / Теория и практика общественного развития. – 2018. – № 8. – С. 350-352.

11 Труды ИСА РАН : Математические проблемы динамики неоднородных систем. Оптимизация, идентификация, теория игр. Модели и методы решения. Новые идеи / Под ред. С. В. Емельянова. – М. : Красанд, 2011. – 124 с.

12 Большев А. К., Лавров А. А. Метод идентификации версии системного программного обеспечения удаленного сетевого узла, основанный на комплексном анализе характеристик ТСР / IP // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2012. – Вып. 1. – С. 45-51.

13 Биргер И. А. Некоторые математические методы решения инженерных задач / И. А. Биргер. – М. : Ленанд, 2015. – 152 с.

14 Гнеденко Б. В. Математические методы в теории надежности : Основные характеристики надежности и их статистический анализ / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. – М. : КД Либроком, 2017. – 584 с.

15 Советов Б. Я. Моделирование систем : учебник / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Юрайт, 2016. – 344 с.

16 Юмагулов М. Г. Введение в теорию динамических систем : учебное пособие / М. Г. Юмагулов. – М. : Лань, 2015. – 272 с.

17 Гасников А. В., Кленов С. Л., Нурминский Е. А., Холодов Я. А., Шамрай Н. Б. Введение в математическое моделирование транспортных потоков : учеб. пособие / под ред.

Гасникова А. В. – М. : МФТИ, 2010. – 362 с.

18 Буслаев А. П., Новиков А. В., Приходько В. М., Таташев А. Г., Яшина М. В. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения. – М. : Мир, 2003. – 368 с.

19 Смирнов Н. Н., Киселев А. Б., Никитин В. Ф., Кокорева А. В. Математическое моделирование автотранспортных потоков методами механики сплошной среды. Двухполосный транспортный поток : модель Т-образного перекрестка, исследование влияния перестроений транспортных средств на пропускную способность участка магистрали. – М. : МФТИ. – 2010. – № 4. – С. 141-151 с.

20 T. Bellemans, B. De Schutter, and B. De Moor, Models for traffic control, Journal A, vol. 43, № 3-4, pp. 13-22, 2002.

References

1 Kolbachev E. B., Napkhonenko N. V., Karaeva M. R., Maloshtan Dmitry Development of specialized models of urban passenger transportation [Electronic resource] / SHS Web of Conferences. – 2019. – Issue 67 : The Fifteenth Scientific and Practical International Conference "International Transport Infrastructure, Industrial Centers and Corporate Logistics" (NTI-UkrSURT 2019), Kharkiv, Ukraine, June 6-8, 2019 – Article no. 03005. – 7 p. – URL : https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2019/08/shsconf_NTI-UkrSURT2019_03005.pdf .

2 Models of Estimation of Application of Passenger Service Quality Parameters / E. Semchugova, V. Zyryanov, N. Negrov, A. Nikitina // Transportation Research Procedia. – 2017. – № 20 (2017). – P. 584 – 590.

3 Pozhidaev M. S. Algorithms for solving the problem of transport routing : dis. ... Candidate of Technical Sciences, Tomsk, [Electronic resource] / Access mode : <http://www.marigostra.ru/ma-terials/disser.html>, 2010. – 134 p.

4 Zhuravlev N. P., Malikov O. B. Transport and cargo systems. M – route, (2006). – 54 p.

5 Zyryanov V. V., Semchugova E. Yu., Mironchuk A. A. Experience of optimization of public transport route networks in cities of the Southern Federal District // Safety, road, children : practice, experience, prospects and technologies : materials of the forum, 2015 (Rostov-on-Don). – P. 121-124.

6 Karaseva M. R., Napkhonenko N. V., Perevoznyuk V. Management of dynamically changing traffic flows / International Journal of Engineering and Technology. – 2018. – Issue 7, vol. 4.3. – pp. 222-227.

7 Vorontsov K. V. Lectures on the support vector method [Electronic resource]. URL : <http://www.ccas.ru/voron/download/SVM.pdf> (date of access: 11/11/2022).

8 Zhankaziev, S. V. Efficiency of operation and functioning of the system of indirect regulation and control of transport flows / S. V. Zhankaziev [et al.] // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Issue. 12, is. 13. – P. 3645-3652.

9 Semchugova E. Yu., Kostenko A. A., Ovcharenko A. A. Analysis of transport support for passengers of the Rostov agglomeration / Topical issues of the organization of road transport, traffic safety and operation of vehicles: Sat. scientific tr. Based on the materials of the XVI International. sci.-tech. conf. / Saratov State Technical University. Gagarina Yu. A. – Saratov, 2021. – P. 39-42.

10 Khegay Yu. A. Foreign experience of transport policy / Theory and practice of social

development. – 2018. – № 8. – P. 350-352.

11 Proceedings of the ISA RAS: Mathematical problems of the dynamics of inhomogeneous systems. Optimization, identification, game theory. Models and methods of solution. New Ideas / Ed. S. V. Emelyanov. – M. : Krasand, 2011. – 124 p.

12 Bolshev A. K., Lavrov A. A. A method for identifying the system software version of a remote network node based on a comprehensive analysis of TCP / IP characteristics. Izv. St. Petersburg Electrotechnical University "LETI". 2012. Issue. 1. – P. 45-51.

13 Birger I. A. Some mathematical methods for solving engineering problems / I. A. Birger. – M. : Lenand, 2015. – 152 p.

14 Gnedenko B. V. Mathematical Methods in Reliability Theory : Basic Reliability Characteristics and Their Statistical Analysis / B. V. Gnedenko, Yu. K. Belyaev, A. D. Solovyov. – M. : KD Librokom, 2017. – 584 s

15 Soviets, B. Ya. Modeling systems. Textbook / B. Ya. Sovetov, S. A. Yakovlev. – M. : Yurayt, 2016. – 344 p.

16 Yumagulov M. G. Introduction to the Theory of Dynamic Systems. Textbook / M. G. Yumagulov. – M. : Lan, 2015. – 272 p.

17 Gasnikov A. V., Klenov S. L., Nurminskii E. A., Kholodov Ya. A., Shamrai N. B. Introduction to mathematical modeling of traffic flows : textbook. allowance / ed. Gasnikova A. V. – M. : MIPT, 2010. – 362 p.

18 Buslaev A. P., Novikov A. V., Prikhodko V. M., Tatashev A. G., Yashina M. V. Probabilistic and simulation approaches to traffic optimization. – M. : Mir, 2003. – 368 p.

19 Smirnov N. N., Kiselev A. B., Nikitin V. F., Kokoreva A. V. Mathematical modeling of motor traffic flows by methods of continuum mechanics. Two-lane traffic flow : model 48 of a T-shaped intersection, a study of the effect of vehicle rebuilding on the throughput of a highway section. – M. : MIPT. – 2010. – № 4. – P. 141-151.

20 T. Bellemans, B. De Schutter, and B. De Moor, Models for traffic control, Journal A, vol. 43, № 3-4, pp. 13-22. – 2002.

© Караева М.Р., Напхоненко Н.В., Семчугова Е.Ю., Негров Н.С., 2022