



Информация об авторах

Лакин Игорь Капитонович – д. т. н., профессор, первый заместитель генерального директора АО «Дорожный центр внедрения Красноярской железной дороги», г. Красноярск, e-mail: i.k.Lakin@dsv.ru

Семенов Александр Павлович – к. т. н., генеральный директор Научно исследовательского института технологий, контроля и диагностики, г. Омск, e-mail: corp@niitkd.ru

Authors

Igor' Kapitonovich Lakin – Doctor of Engineering Science, Prof., First Deputy General Director, Krasnoyarsk railway introduction centre AO, Krasnoyarsk, e-mail: i.k.Lakin@dsv.ru

Aleksandr Pavlovich Semenov – Ph.D. in Engineering Science, General Director of "NIITKD" AO, Omsk, e-mail: corp@niitkd.ru

Для цитирования

Лакин И. К. Использование технологии «цифровой двойник» при управлении ремонтом локомотивов / И.К. Лакин, А.П. Семенов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 89–98. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).89–98

For citation

Lakin I. K., Semenov A. P. Ispol'zovanie tekhnologii «tsifrovoy dvoynik» pri upravlenii remontom lokomotivov [Use of «digital twin» technology during the locomotives' repair management]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019. Vol. 63, No. 3, pp. 89–98. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).89–98

УДК 656.2.052.432

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).98–106

А. С. Арсёнова, В. А. Анисимов

Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I,
г. Санкт - Петербург, Российская Федерация
Дата поступления: 21 мая 2019 г.

О ВЛИЯНИИ СТРУКТУРЫ ВАЛОВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА НА ВЕЛИЧИНУ ПАССАЖИРОПОТОКА

Аннотация. Транспортная отрасль играет важнейшую роль в социально-экономическом развитии страны. Транспорт благоприятно влияет на географические передвижения населения, рост производительности труда, а также повышает уровень жизни населения. Сегодня в России особое внимание уделяется развитию железнодорожного транспорта, в частности, развитию железнодорожного пассажирского сообщения. В декабре 2009 г. был произведен успешный запуск высокоскоростных поездов «Сапсан» на самом популярном пассажирском направлении в России Москва – Санкт-Петербург. Целью представленной работы является исследование влияния валового регионального продукта и его структуры на величину пассажирских перевозок. В статье проведен анализ существующих методик прогнозирования, в результате чего, сделан вывод о невозможности выбора оптимального метода. На основе рассмотренных достоинств и недостатков методов прогнозирования было решено провести регрессионный анализ изменения пассажиропотока железнодорожного транспорта, в итоге было получено значимое уравнение регрессии. Для проведенного анализа исходными данными о численности населения были приняты значения валового регионального продукта по субъектам Российской Федерации за 2010–2016 гг., опубликованные Федеральной службой государственной статистики. В результате проделанной работы, сделан вывод о тесной взаимосвязи между рассматриваемыми разделами валового регионального продукта и величиной пассажиропотока, а также о целесообразности проведения дальнейших исследований на направлениях между крупными узлами зарождения и погашения пассажиропотока.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, прогнозирование спроса, валовой региональный продукт, высокоскоростной железнодорожный транспорт.

А. S. Arsenova, V. A. Anisimov

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Sankt-Petersburg, Russian Federation
Received: May 21, 2019

ABOUT THE INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF GROSS REGIONAL PRODUCT ON THE AMOUNT OF PASSENGER FLOW

Abstract. The transport industry plays a crucial role in the socio-economic development of the country.

Transport favorably affects the geographical movement of the population, the growth of labor productivity, and also increases the standard of living of the population. Today in Russia, special attention is paid to the development of railway transport, in particular, the development of railway passenger traffic. In December 2009, there was a successful launch of high-speed Sapsan trains on the most popular passenger route in Russia, Moscow - St. Petersburg. The purpose of the presented work is to study the influence of the gross regional product and its structure on the amount of passenger traffic. In this paper, we analyzed the existing methods of forecasting, as a result of which, it was concluded that it was impossible to choose the optimal method. On the basis of the considered advantages and disadvantages of the forecasting methods, it was decided to conduct a regression analysis of changes in passenger traffic of railway transport, as a result of which a significant regression



equation was obtained. The values of the gross regional product published by the Federal State Statistics Service for the subjects of the Russian Federation for the period from 2010 to 2016 were taken as the initial population data for the analysis performed. As a result of the work done, it was concluded that there is a close relationship between the considered sections of the GRP and the value of the passenger traffic, as well as the feasibility of further research on the directions between the large centers of origin and reduction of the passenger traffic.

Keywords: passenger traffic, demand forecasting, gross regional product, high-speed rail transport.

Введение

В Конституции Российской Федерации закреплена важная гарантия государства – свобода передвижения граждан. Транспортная отрасль должна в полной мере ее реализовывать. Ежедневно люди используют различные виды транспорта. Это связано с тем, что все важные виды деятельности не могут располагаться в одном месте. К примеру, территорию города Санкт-Петербурга можно условно разделить на спальные районы, промышленные зоны и зоны размещения офисов, а также культурно-досуговые центры.

Развитие транспорта должно предшествовать росту потребности населения и экономики страны в перевозках. Для долгосрочного эффективного планирования развития транспортной отрасли требуется наличие качественного и надежного прогноза потребности в перевозках. Оценка стратегии перспективного развития отрасли относится к задаче прогнозирования. Прогнозирование – это научное исследование, результатом которого являются вероятностные суждения о будущем состоянии объ-

екта и возможных путей его развития с учетом влияния внутренних и внешних факторов.

Обзор существующих методов прогнозирования

В ходе изучения работ отечественных и зарубежных систематиков прогнозистики было выявлено порядка ста различных методов прогнозирования. В связи с этим возникает сложная задача – выбрать метод прогнозирования, оптимальный для исследуемого объекта.

Ключевые понятия прогнозирования как научного исследования описаны во многих источниках, в данном случае используются понятия и определения, приведенные в работе Э.Е. Тихонова [2].

Ниже представлен вариант многоуровневой классификации (рис. 1) [2] в зависимости от степени формализации, способа получения прогноза и схожести принципа действия.

Методы прогнозирования имеют как достоинства, так и недостатки (табл. 1).

Проведя анализ достоинств и недостатков

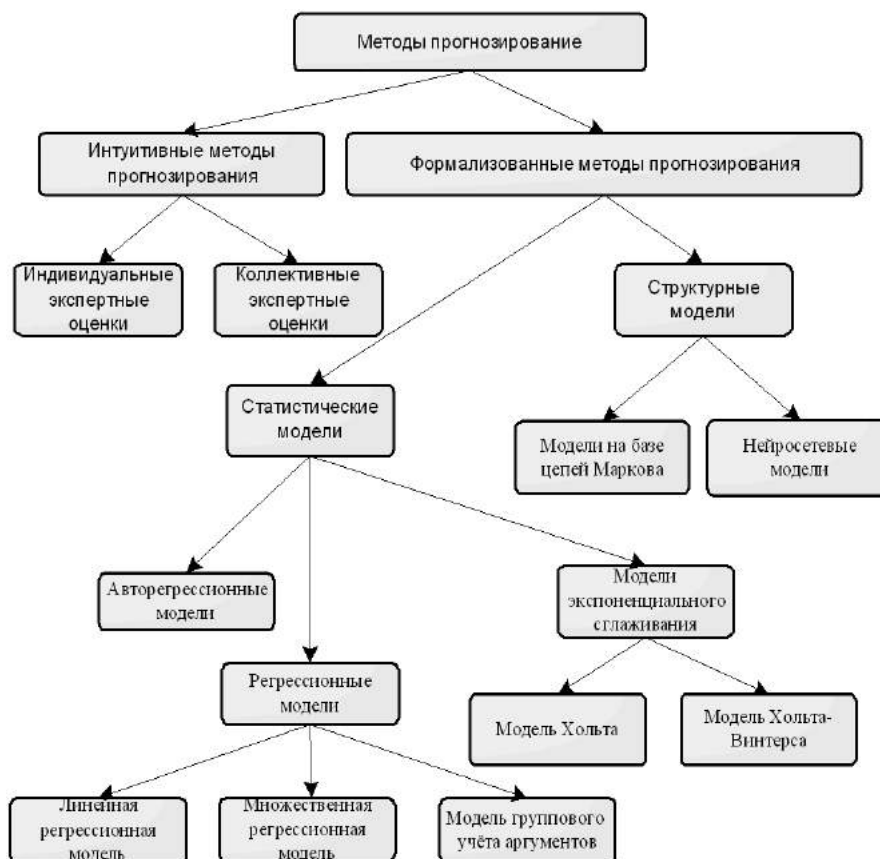


Рис. 1. Классификация традиционных методов прогнозирования



Т а б л и ц а 1

Сравнение методов прогнозирования

Модели прогнозирования	Достоинства	Недостатки
Авторегрессионные модели	<ol style="list-style-type: none"> 1. Получение качественной модели с адекватным прогнозом при минимальных затратах времени и значениях исходных данных 2. Прозрачность моделирования 3. Доступность множества примеров применения 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линейность и отсутствие возможности создания модели для нелинейных процессов; 2. Низкая адаптивность моделей; 3. Большое число параметров модели, идентификация которых неоднозначна.
Регрессионные модели	<ol style="list-style-type: none"> 1. Простота вычислительных алгоритмов. 2. Наглядность и интерпретируемость результатов (для линейной модели). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прогноз недостаточно точен; 2. Субъективный характер выбора вида конкретной зависимости (формальная подгонка модели под эмпирический материал). 3. Невозможность объяснения причинно - следственной связи.
Модели экспоненциального сглаживания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Единообразие и простота их проектирования и дальнейшего анализа; 2. Возможность графического представления полученных результатов расчета; 3. Возможность оперативно менять коэффициент сглаживания. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Будущий прогноз зависит от точности предыдущего прогноза; 2. Зависимость прогноза от коэффициента сглаживания, который определяется экспертно, или методом подбора и анализа результатов расчета нескольких вариантов; 3. Ограниченность применения (только краткосрочное прогнозирование); 4. Отсутствие гибкости в описании различных динамик процесса; 5. Невозможность учета сезонных и других нециклических (случайных) отклонений.
Модели на базе цепей Маркова	<ol style="list-style-type: none"> 1. Простота моделирования; 2. Единообразие их проектирования и дальнейшего анализа; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ограниченная сфера применения; 2. Отсутствие возможности моделирования процессов с длинной памятью.
Нейросетевые модели	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нелинейность, способность улавливать нелинейные зависимости; 2. Масштабируемость; 3. Адаптивность. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сложность выбора архитектуры; 2. Отсутствие промежуточных данных; 3. Невозможность добавления нейронов в процессе самообучения нейросети.

существующих методов прогнозирования, авторы пришли к мнению, что невозможно выделить оптимальный. В зависимости от объекта прогнозирования, количества и качества исходных данных ученые выбирают метод, который наилучшим образом опишет их модель.

Вопрос о качестве прогноза является важнейшим при прогнозировании. Обычно его сводят к расчету коэффициента корреляции и средней допустимой ошибки.

Анализ существующего пассажирооборота железнодорожного транспорта

Исследование существующего пассажиропотока железнодорожного транспорта довольно трудоемкий процесс. Он требует сбора и анализа большого объема данных. Проблеме прогнозирования пассажиропотока и развития пассажирского транспорта посвящены научные труды Г. Гонзалеза-Лучинина, В.М. Кудымова, Е.С. Осетрова, В.А. Подвербного, Д.О. Шульман и др.

В работах В.А. Подвербного рассматривается проблема проектирования и обоснования скоростного пассажирского рельсового транспорта и магнитолевитационного транспорта к опорным пунктам Иркутской агломерации, площадкам нового международного аэропорта «Иркутск – Новый» и особой экономической зоны туристско-рекреационного типа на Байкале [3, 4].

В настоящей работе авторами были проанализированы статистические данные о пассажирообороте как за год в целом, так и в зависимости от месяца. На основании полученных данных были построены графики (рис. 2, 3). Видно, что в 2015–2016 гг. наблюдался спад пассажирооборота. Это объясняется экономически нестабильным положением страны (снижались цены на нефть, сохранялись экономические санкции). В феврале наблюдается наибольший спад активности пассажирских перевозок (рис. 3), так как основные затраты населения приходятся на конец предшествующего го-



да. В летние месяцы, наоборот, наблюдается рост пассажиропотока в связи с началом сезона отпусков (население добирается до места отдыха: курорты, санатории, а также до загородных домов).

Сопоставив полученные данные и выводы [5], перемещения пассажиров по деятельности можно разделить на следующие виды:

- деловые (командировки);
- трудовые (регулярные поездки на работу);
- рекреационные (отдых, отпуск, туризм);
- культурно-бытовые (посещение родственников и знакомых, покупки, лечение и т. п.).

Рассмотрим изменение пассажиропотока железнодорожного транспорта на самом востребованном направлении Москва – Санкт-Петербург.

При прогнозировании перспективного пассажиропотока требуется учет изменения множества факторов. Благодаря таким достоинствам, как простота вычислительных алгоритмов и наглядность результатов, наиболее целесообразно, на взгляд авторов, использовать регрессионный анализ.

Прогнозированию пассажиропотока посвящено множество трудов [1, 6 и др.]. В данных работах были проанализированы социально-экономические факторы, влияющие на величину пассажиропотока, такие как численность населения, среднедушевой доход, валовой региональный продукт (ВРП) [1, 6]. По отношению к ВРП есть неоднозначные мнения. Ученые в области экономики считают, что он не влияет на пассажирские



Рис. 2. Динамика пассажирооборота железнодорожного транспорта в 2010–2018 гг.

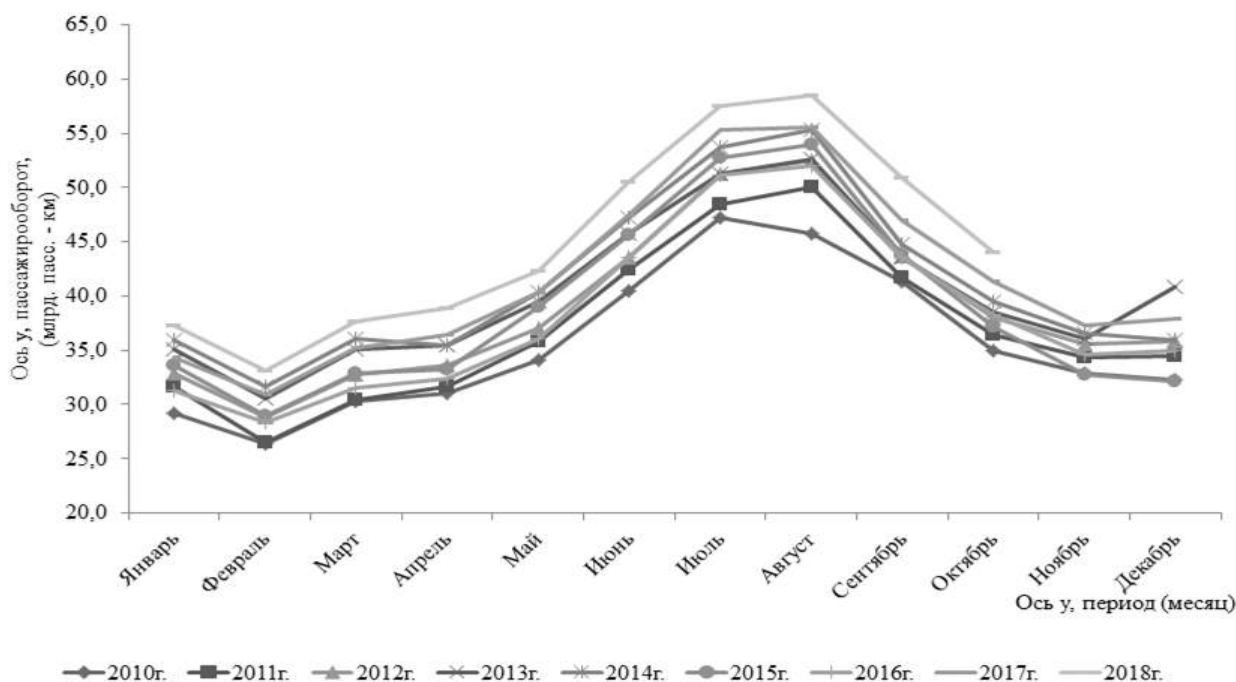


Рис. 3. Динамика пассажирооборота по месяцам года за 2010–2018 гг.



перевозки [7], ученые транспортной отрасли – наоборот, что влияет [1, 6]. В связи с неоднозначностью мнений ученых, авторы решили изучить влияние ВРП на пассажирские перевозки с учетом его структуры.

Итак, ВРП – это обобщающий показатель экономической деятельности региона, характеризующий процесс производства товаров и услуг [8].

По данным Федеральной службы государственной статистики на момент анализа, проведенного авторами, отраслевая структура ВРП состояла из 16 разделов. С 1 марта 2019 г. произошло деление на 20 разделов.

Авторы проанализировали и выделили основные разделы, которые имеют наибольший удельный вес (в сумме составляют более 50 % от всего ВРП):

- операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг;
- оптовая и розничная торговля;
- ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования;
- обрабатывающие производства;
- транспорт и связь;
- здравоохранение и предоставление социальных услуг;
- строительство;
- образование.

Из перечисленных разделов были выделены те, от которых в наибольшей степени может зависеть величина пассажиропотока. К ним относятся операции с недвижимым имуществом, оптовая и розничная торговля, транспорт и связь, здравоохранение и предоставление социальных услуг, образование.

Влияние данных разделов ВРП на величину пассажиропотока было рассмотрено на направлении Москва – Санкт-Петербург.

Существующая высокоскоростная магистраль Москва – Санкт-Петербург проходит через несколько областей: Московскую, Тверскую, Новгородскую и Ленинградскую.

Рассматривать только два конечных города авторы посчитали неправильным, так как на величину ВРП влияют и области, располагающиеся непосредственно в зоне тяготения существующей железной дороги.

Обобщая высказывания [9–12], можно отметить, что основной целью регрессионного анализа является определение функциональной причинно-следственной связи между характеристикой Y исследуемых объектов или процессов и величинами параметров X_1, X_2, \dots, X_n . Иначе говоря, на основании имеющихся статистических данных можно определить причинно-следственную связь между величиной пассажиропотока и разделами ВРП. Таким образом, задача сводится к определению модели множественной регрессии. Далее представлены исходные данные для регрессионного анализа (табл. 2).

Для установления степени взаимосвязи рассматриваемых статистических данных факторов влияния X_1, X_2, X_3, X_4 и X_5 и величиной пассажиропотока железнодорожного транспорта Y на направлении Москва – Санкт-Петербург рассчитаем коэффициент корреляции [10]:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где X_i – значения разделов ВРП, используемых в выборке X ; y_i – значения величины пассажиропотока,

Таблица 2

Исходные данные для регрессионного анализа

№ п/п	Год	Y - пассажиропоток на направлении Москва - Санкт - Петербург, млн. чел в год	Фактор X1 (Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг, млрд.руб.)	Фактор X2 (Оптовая и розничная торговля, ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования, млрд.руб.)	Фактор X3 (Транспорт и связь, млрд.руб.)	Фактор X4 (Здравоохранение и предоставление социальных услуг, млрд.руб.)	Фактор X5 (Образование, млрд.руб.)
1	2010	1,86	2 406,000	3 997,200	1 446,500	428,500	291,800
2	2011	2,09	2 793,700	4 939,600	1 693,000	506,800	322,100
3	2012	2,38	3 288,000	4 612,200	1 953,300	601,600	381,400
4	2013	3,16	3 365,700	5 191,000	1 871,900	662,500	427,200
5	2014	3,39	3 696,900	6 075,600	1 958,200	723,300	450,600
6	2015	3,96	4 517,100	6 083,800	2 430,500	755,900	468,500
7	2016	4,80	5 334,400	5 947,100	2 621,600	785,400	484,700



принимаемые в выборке Y ; \bar{x} – среднеарифметическое по X ; \bar{y} – среднеарифметическое по Y .

Общеизвестно, что коэффициенты корреляции располагаются в промежутке от -1 до $+1$. Корреляция равная нулю свидетельствует о независимости двух исследуемых переменных [10, 11].

Ниже редставлен расчет коэффициента корреляции между факторами ВРП и показателем пассажиропоток (табл. 3).

Полученные коэффициенты корреляции между величиной пассажиропотока и рассматриваемыми факторами влияния являются положительными, близкими к единице, что свидетельствует о тесной связи.

Общее уравнение множественной линейной регрессии принимает следующий вид [12]:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_4 \cdot X_4 + b_5 \cdot X_5 \quad (2)$$

С помощью матричного метода найдем неизвестные коэффициенты уравнения b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 и b_5 по формуле:

$$B = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y, \quad (3)$$

где B – вектор-столбец коэффициентов полученного уравнения регрессии; X^T – транспонированная матрица значений разделов ВРП; X – матрица размерности n -строк и $(k+1)$ -столбцов значений разделов ВРП; Y – вектор-столбец величины пассажиропотока размерности n (где n – число наблюдений, равное 7; k – количество факторов влияния, равное 5). Для удобства расчетов была использована программа «Microsoft Excel».

Важно отметить, что определитель полученной матрицы $|X^T \cdot X|$ равен $8,84 \cdot 10^{15}$, т. е. матрица $(X^T \cdot X)$ является невырожденной, а значит уравнение регрессии имеет решение.

Далее, определив произведение $X^T \cdot Y$, найдем по формуле (3) искомый вектор – столбец

коэффициентов полученного уравнения регрессии:

$$B = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y = \begin{Bmatrix} -2,5807 \\ 0,0013 \\ 0,0004 \\ -0,0010 \\ -0,0183 \\ 0,0307 \end{Bmatrix}. \quad (4)$$

С помощью полученных значений элементов матрицы B , запишем уравнение регрессии:

$$\hat{Y} = -2,5807 + 0,0013 \cdot X_1 + 0,0004 \cdot X_2 - 0,0010 \cdot X_3 - 0,0183 \cdot X_4 + 0,0307 \cdot X_5. \quad (5)$$

Далее необходимо проверить значимость полученного уравнения регрессии (5). Во-первых, выполним проверку по критерию дисперсионного анализа (F -критерию). Для проверки гипотезы H_0 (о равенстве нулю элементов вектор-столбца B) используется статистика [11]:

$$F_{расч} = \frac{1}{k+1} \cdot Q_R \cdot F_{крит}, \quad (6)$$

$$\frac{1}{n-k-1} \cdot Q_{осм}$$

которая при выполнении гипотезы H_0 имеет F -распределение с $(k+1)$ и $(n-k-1)$ степенями свободы, где $F_{крит}$ – критерий дисперсионного анализа (F -критерий); k – количество факторов влияния, равное 5; Q_R – сумма квадратов отклонений перспективного пассажиропотока от нуля, вычисляемая по формуле (7); n – число наблюдений, равное 7; $Q_{осм}$ – сумма квадратов разности величин существующего и перспективного пассажиропотоков, вычисляемая по формуле (8):

$$Q_R = \sum_{i=1}^n (\hat{Y})^2. \quad (7)$$

$$Q_{осм} = \sum_{i=1}^n (Y - \hat{Y})^2. \quad (8)$$

Т а б л и ц а 4

Проверка значимости уравнения регрессии по F -критерию

№	Год	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y	\hat{Y}	\hat{Y}^2	$(Y - \hat{Y})^2$
1	2010	2 406,0	3 997,2	1 446,5	428,5	291,8	1,86	1,898	3,604	0,00147
2	2011	2 793,7	4 939,6	1 693,0	506,8	322,1	2,09	2,044	4,176	0,00215
3	2012	3 288,0	4 612,2	1 953,3	601,6	381,4	2,38	2,395	5,737	0,00023
4	2013	3 365,7	5 191,0	1 871,9	662,5	427,2	3,16	3,107	9,654	0,00282
5	2014	3 696,9	6 075,6	1 958,2	723,3	450,6	3,39	3,422	11,713	0,00106
6	2015	4 517,1	6 083,8	2 430,5	755,9	468,5	3,96	3,991	15,927	0,00095
7	2016	5 334,4	5 947,1	2 621,6	785,4	484,7	4,80	4,782	22,870	0,00031
Итого									73,682	0,00898



Т а б л и ц а 5

Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии по t - критерию

Коэффициент регрессии	b_i	s_{b_i}	$t_{расч}$
b_0	-2,6049	1,160	-2,418
b_1	0,0013	$7,517 \cdot 10^{-8}$	4,741
b_2	0,0004	$3,453 \cdot 10^{-8}$	2,153
b_3	-0,0010	$5,774 \cdot 10^{-7}$	-1,316
b_4	-0,0185	$5,792 \cdot 10^{-5}$	-2,431
b_5	0,0311	$1,273 \cdot 10^{-4}$	2,756

Если все коэффициенты уравнения равны нулю, то уравнение регрессии незначимо, а следовательно, не имеет смысла. Сведем расчет для уравнения регрессии (5) (табл. 3).

Проверим по F -критерию значимость уравнения регрессии на уровне значимости 0,05 [7], т. е. на нулевую гипотезу по выражению (9):

$$F_{расч} = \frac{\frac{1}{5+1} \cdot 73,628}{\frac{1}{7-5-1} \cdot 0,00898} = 1367,770. \quad (9)$$

Для уровня значимости 0,05 по таблице F -распределения [11] и степенями свободы 6 и 1 соответственно было найдено критическое значение: $F_{крит}(0,05; 6; 1) = 233,986$. Исходя из полученных результатов, $F_{расч} > F_{крит}$, а значит гипотеза H_0 отвергается. Следовательно, полученное уравнение регрессии (5) значимо.

Во-вторых, выполним проверку значимости отдельных коэффициентов регрессии. Значимость коэффициентов регрессии можно определить с помощью t -критерия, основанного на статистике:

$$\left| t_{расч} \right| = \left| \frac{b_i}{s_{b_i}} \right| > t_{крит}, \quad (10)$$

которая при выполнении гипотезы H_0 имеет t -распределение с числом степени свободы $(n-k-1)$, где s_{b_i} определяются путем вычисления квадратного корня из элементов ковариационной матрицы S , расположенных по диагонали.

Вычислим ковариационную матрицу S по формуле [7]:

$$S = s^2 \cdot (X^T \cdot X)^{-1}, \quad (11)$$

где s – несмещенная оценка остаточной дисперсии, рассчитываемая по формуле:

$$s^2 = \frac{1}{n-4} \cdot Q_{ост}. \quad (12)$$

Отсюда:

$$s^2 = \frac{1}{7-4} \cdot 0,00898 = 0,00299, \quad (13)$$

$$s = 0,05471.$$

Приведена оценка дисперсии коэффициентов b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 и b_5 уравнения регрессии (5) (табл. 4). Выполним проверку значимости каждого отдельного коэффициента согласно выражению (10).

Для уровня значимости 0,05 по таблице t -распределения [10] и степени свободы 1 было найдено такое критическое значение: $t_{крит}(0,05; 1) = 12,7062$ (табл. 5). Исходя из расчетов, $t_{расч} < t_{крит}$ абсолютно для всех коэффициентов полученного уравнения регрессии, а, следовательно, гипотеза H_0 отвергается. Это подтверждает, что все рассмотренные коэффициенты регрессии значимы.

Заключение

На основании проведенного регрессионного анализа была выявлена тесная взаимосвязь между рассматриваемыми разделами ВРП и величиной пассажиропотока.

В перспективе авторы планируют провести исследование на направлениях между крупными узлами зарождения и погашения пассажиропотока (Москва – Н.Новгород; Краснодар – Сочи; Москва – Воронеж; Москва – Казань; Москва – Сочи; Ростов-на-Дону – Сочи) [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Осетров Е.С. Математические модели, методы и алгоритмы для прогнозирования пассажирских перевозок : дис. ... канд. физ.-мат. наук. Дубна, 2018. 129 с.
2. Тихонов Э. Е. Методы прогнозирования в условиях рынка : учеб. пособие. Невинномысск, 2006. 221 с.
3. Подвербный В.А. Проектирование линии легкого рельсового транспорта по направлению «Аэропорт Иркутск – аэропорт Иркутск-Новый («Усть-Орда») // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 1 (33). С. 215–223.
4. Подвербный В.А., Казарина В.В., Подвербная О.В. Проектирование скоростного пассажирского рельсового транспорта Иркутской агломерации // Проектирование развития региональной сети железных дорог : сб. науч. тр. под ред. В.С. Шварцфельда. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2016. Вып. 4. С. 308–326.



5. Проскурякова Е.А. Тенденции развития рынка пассажирских железнодорожных перевозок в Российской Федерации // Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения) : сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. Пенза : ПГАУ, 2015. С. 68–71.
6. Шульман Д.О. Обоснование этапности формирования перспективной сети высокоскоростных железнодорожных магистралей : дисс. канд. техн. наук. СПб., 2015. 147 с.
7. Кудымов В.М. Взаимосвязь социально – экономических процессов с показателем валового регионального продукта // Региональная экономика: теория и практика. 2007. Вып. 15(54). С.42–51;
8. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/>. (Дата обращения 28.01.2019).
9. Андерсон, Т. Статистический анализ временных рядов. М. : Мир, 1976. 757 с.
10. Кендалл М., Стюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. Т. 3. М. : Наука, 1976. 736 с.
11. Экономико-математические методы и модели в железнодорожном строительстве / Г.Н. Жинкин, И.И. Зеликович, В.А. Рогонов и др. М. : Транспорт, 1979. 256 с.
12. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. М. : Финансы и статистика, 2003. 352 с.
13. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс : в 2 т. / И.П. Киселёв и др. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп, 2014.
14. Ерохин Г.А. Роль транспортной составляющей в экономическом развитии региона: сравнительный анализ // Вестник МГТУ. 2012. Т. 15, № 1. С.181–185.
15. Катаева Ю.В. Интегральная оценка уровня развития транспортной инфраструктуры региона // Вестник пермского университета. 2013. Вып. 4 (19). С. 66–73.
16. Миненко Д.О., Бушуев Н.С. Высокоскоростной железнодорожный транспорт и авиасообщение в борьбе за пассажира // Проектирование развития региональной сети железных дорог : сб. ст. Вып. 1. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2013. С. 43–48.
17. Зубков В.Н., Мусенко Н.Н. Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. Ч. 5. Технология и управление работой железнодорожных участков и направлений : учеб. пособие. Ростов : Изд-во РГУПС, 2006. 120 с.
18. Селиверстова А.В. Сравнительный анализ моделей и методов прогнозирования // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 11 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/11/74271> (Дата обращения: 23.09.2018).
19. Экономика железнодорожного транспорта : учебник / Н.П. Терёшина, В.Г. Галабурда, М.Ф. Трихунков и др. М. : УМЦ ЖДТ, 2006.

REFERENCES

1. Osetrov E.S. Matematicheskie modeli, metody i algoritmy dlya prognozirovaniya passazhirsikh perezovok: diss. kand. fiz.-mat. nauk [Mathematical models, methods and algorithms for forecasting passenger traffic: Ph.D. in Phys.-Math. diss.]. Dubna, 2018. 129 p.
2. Tikhonov E. E. Metody prognozirovaniya v usloviyakh rynka: uchebnoe posobie [Forecasting methods in market conditions: a textbook]. Nevinnomyssk, 2006. 221p.
3. Podverbnyi V.A. Proektirovanie linii legkogo rel'sovogo transporta po napravleniyu «Aeroport Irkutsk – aeroport Irkutsk-Novyi («Ust'-Orda»)» [Designing a line of light rail transport in the direction "Airport Irkutsk - Airport Irkutsk-Novyi (Ust'-Orda)"]. Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern technologies. System analysis. Modeling]. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2012. No. 1 (33). Pp. 215–223.
4. Podverbnyi V.A., Kazarina V.V., Podverbnyaya O.V. Proektirovanie skorostnogo passazhirsogo rel'sovogo transporta Irkutskoi aglomeratsii [Design of high-speed passenger rail transport of the Irkutsk agglomeration]. Proektirovanie razvitiya regional'noi seti zheleznykh dorog : sb. nauch. tr. pod red. V.S. Shvartsfel'da [Designing the development of a regional railway network: proceedings under the editorship of V.S. Schwarzfeld]. Khabarovsk: DVGUPS Publ., 2016. Iss. 4. Pp. 308–326.
5. Proskuryakova E.A. Tendentsii razvitiya rynka passazhirsikh zheleznodorozhnykh perezovok v Rossiiskoi Federatsii [Tendencies of development of the passenger rail transportation market in the Russian Federation]. Sbornik statei II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transport. Ekonomika. Sotsial'naya sfera. (Aktual'nye problemy i ikh resheniya)» [Collection of articles of II International scientific and practical conference "Transport. Economy. Social sphere. (Topical problems and their solutions)"]. Penza: PGAU Publ., 2015. Pp. 68–71
6. Shul'man D.O. Obosnovanie etapnosti formirovaniya perspektivnoi seti vysokoskorostnykh zheleznodorozhnykh magistraley: diss. kand. tekhn. nauk [Substantiation for the formation of a promising network of high-speed rail lines: Ph.D. (Engineering) diss.]. St.Petersburg, 2015. 147 p.
7. Kudymov V.M. Vzaimosvyaz' sotsial'no – ekonomicheskikh protsessov s pokazatelem valovogo regional'nogo produkta [The relationship of socio - economic processes with an indicator of gross regional product]. Zhurnal «Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika» [Regional Economics: Theory and Practice]. Moscow, 2007. Iss. 15(54). Pp.42–51.
8. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki [Federal State Statistics Service]. [Electronic medium]. URL: <http://www.gks.ru/>. (Access date: 28.01.2019).
9. Anderson T. Statisticheskii analiz vremennykh ryadov [Statistical analysis of time series]. Moscow: Mir Publ., 1976. 757 p.
10. Kendall M., Styuart A. Mnogomernyi statisticheskii analiz i vremennye ryady [Multidimensional statistical analysis and time series]. Moscow: Nauka Publ., Vol. 3, 1976. 736 p.
11. Zhinkin G.N., Zelikovich I.I., Rogonov V.A., Shraiber S.B. Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v zheleznodorozhnom stroitel'stve [Economic and mathematical methods and models in railway construction]. Moscow: Transport Publ., 1979. 256 p.
12. Dubrov A.M., Mkhitaran V.S., Troshin L.I. Mnogomernye statisticheskie metody: Uchebnik [Multidimensional statistical methods: A textbook]. Moscow: Finansy i statistika Publ., 2003. 352 p.
13. Kiselev I.P. et al. Vysokoskorostnoi zheleznodorozhnyi transport. Obshchii kurs: ucheb. posobie [High-speed rail transport. General course: a textbook]. In 2 vols. In Kiselev I.P. (ed.). Moscow: FSBEI "Educational - methodical center for education in railway transport" Publ., 2014.
14. Erokhin G.A. Rol' transportnoi sostavlyayushchei v ekonomicheskom razvitiy regiona: sravnitel'nyi analiz [The role of the transport component in the economic development of the region: comparative analysis]. Vestnik MGTU. Murmansk, 2012. Vol. 15, No.1. Pp. 181–185.
15. Kataeva Yu.V. Integral'naya otsenka urovnya razvitiya transportnoi infrastruktury regiona [Integral assessment of the level of development of the transport infrastructure of the region]. Vestnik permskogo universiteta [Perm University Herald]. Perm', 2013. Iss. 4(19). Pp. 66–73.



16. Minenko D.O., Bushuev N.S. Vysokoskorostnoi zheleznodorozhnyi transport i aviasoobshchenie v bor'be za passazhira [High-speed railway transport and air transportation in the struggle for the passenger]. Sbornik statei "Proektirovanie razvitiya regional'noi seti zheleznikh dorog" [Collection of articles "Designing the Development of a Regional Railway Network"]. In Shvartsfel'd V.S. (ed.). Khabarovsk: DVGUPS Publ., 2013. Iss.1. Pp. 43–48.

17. Zubkov V.N., Musienko N.N. Organizatsiya passazhirskikh perevozok na zheleznodorozhnom transporte [Organization of passenger transportation by rail]. In 5 parts. Part 5. Tekhnologiya i upravlenie rabotoi zheleznodorozhnykh uchastkov i napravlenii: ucheb. posobie [Part 5. Technology and management of railway sections and directions: a textbook]. RGUPS Publ., 2006. 120 p.

18. Seliverstova A.V. Sravnitel'nyi analiz modelei i metodov prognozirovaniya [Comparative analysis of models and forecasting methods]. Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii [Modern scientific research and innovation], 2016. No. 11 [Electronic medium]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/11/74271> (access date: 23.09.2018).

19. Tereshina N.P., Galaburda V.G., Trikhunkov M.F. et al. Ekonomika zheleznodorozhnogo transporta: Ucheb. dlya vuzov zh.-d. transporta [Economics of railway transport: A textbook for railway transport universities]. In Tereshina N.P., Lapidus B.M., Trikhunkov M.F. (eds.). Moscow: UMTs ZhDT Publ., 2006.

Информация об авторах

Арсёнова Александра Сергеевна – аспирант кафедры изыскания и проектирования железных дорог, Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I, г. Санкт-Петербург, e-mail: alexandra.arsyonova@yandex.ru.

Анисимов Владимир Александрович – д. т. н., доцент, профессор кафедры изыскания и проектирования железных дорог, Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I, г. Санкт-Петербург, e-mail: anisvl@mail.ru.

Authors

Aleksandra Sergeevna Arsenova – Ph.D. student at the Subdepartment of Survey and Design of Railways, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, e-mail: alexandra.arsyonova@yandex.ru.

Vladimir Aleksandrovich Anisimov – Doctor of Engineering Science, Prof. at the Subdepartment of Survey and Design of Railways, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, e-mail: anisvl@mail.ru.

Для цитирования

Арсёнова А.С. О влиянии структуры валового регионального продукта на величину пассажиропотока / А.С. Арсёнова, В.А. Анисимов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 98–106. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).98–106

For citation

Arsenova A. S., Anisimov V. A. O vliyaniy struktury valovogo regional'nogo produkta na velichinu passazhiropotoka [Use of «digital twin» technology during the locomotives' repair management]. Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019. Vol. 63, No. 3, pp. 98–106. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).98–106

УДК 629.3, 343.98

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).106–111

И. Л. Бадзюк, Н. К. Чепурных

Восточно-Сибирский институт МВД России, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 29 мая 2019 г.

ЭКСПЕРТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ СЛЕДОВ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СКРЫВШЕГОСЯ С МЕСТА ПРОИСШЕСТВИЯ

Аннотация. В современном мире большая часть преступлений совершается с участием транспортных средств. Розыск транспортных средств, присутствующих на месте происшествия и скрывшихся с места преступления, в том числе с места дорожно-транспортного происшествия становится более эффективным при применении специалистами комплексных подходов, например, траснологических исследований и физико-химических методов. В качестве объектов, несущих индивидуализирующую информацию о транспортном средстве, могут быть капли рабочих агрегатных жидкостей, в частности, капли моторного масла. В статье приведены краткие сведения о применяемых методах для исследования следовых количеств горюче-смазочных материалов. Основное внимание уделено методу «капельной пробы» и возможностям его применения в качестве экспертного метода для формирования оперативно-розыскной информации и идентификации моторного масла конкретного транспортного средства. В статье предложен подход для исследования следовых количеств рабочих агрегатных жидкостей транспортных средств, основанный на изучении микроструктуры слоя жидкого горюче-смазочного материала на различных поверхностях. Проведен анализ изменений микроструктуры автомобильных моторных масел при разных перепадах температуры. Формирование структуры «микрорисунка» слоя моторного масла на полимерной поверхности наблюдается при значительном перепаде температуры из положительной в отрицательную область. Отмечено заметное различие микроструктуры минерального и синтетического моторных масел. Показана возможность применения результатов исследования микроструктуры на разных поверхностях при установлении групповой принадлежности капель автомобильных жидкостей и времени попадания рабочих жидкостей транспортных средств на определенную поверхность.

Ключевые слова: транспортное средство, траснологические исследования, микроструктура слоя, метод «капельной пробы», моторное масло, следы горюче-смазочных материалов, групповая идентификация, экспертные исследования.