

Заключение

Таким образом, разработан образовательный открытый ресурс в виде интерактивной панели с расчетной моделью процесса оценки финансового состояния предприятий, который можно использовать для учебно-методического оснащения дисциплины с целью ознакомления

студентов с основами финансового анализа предприятия. Преимущество данного инструмента заключается в его вариативности, возможности произвольно формировать систему показателей для анализа, а также добавлять другие функции и объекты анализа в зависимости от поставленных целей и желаемых результатов.

Список литературы

1. Чернов В. А. Реализация цифровых технологий в финансовом управлении хозяйственной деятельностью / В. А. Чернов // Экономика региона. – 2020. – Т. 16, № 1. – С. 283–297. – DOI 10.17059/2020-1-21.
2. Соболева В. В. Модель управления качеством обучения по критерию эффективности образовательной технологии / В. В. Соболева, П. Н. Садчиков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 4 (38). – С. 85–90. – DOI 10.52684/2312-3702-2021-38-4-85-90.
3. Шиккульский М. И. Математическая модель и алгоритм распределения и контроля учебной нагрузки между профессорско-преподавательским составом / М. И. Шиккульский, Е. М. Евсина, Е. П. Кравченкова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 1 (39). – С. 151–157. – DOI 10.52684/2312-3702-2022-39-1-151-157.
4. Руководитель строительной организации. // Профессиональные стандарты. – Режим доступа: https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT_ID=51810, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
5. Негуч Н. А. Обзор и сравнение программных продуктов для анализа финансового состояния предприятия / Н. А. Негуч // Молодой ученый. – 2019. – № 21 (259). – С. 229–233.
6. Финансовый анализ онлайн. – Режим доступа: <https://www.itfinans.ru>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
7. Финансовый анализ – «Ваш финансовый аналитик». – Режим доступа: <https://www.audit-it.ru/finanaliz>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
8. Корпоративные споры, конфликты // OldPartner безопасность бизнеса. – Режим доступа: <https://oldpartner.ru/services/audit-services>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
9. Adesk – удобный сервис управленческого учета. – Режим доступа: <https://adesk.ru>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
10. Программа для ведения управленческого учета // Куб24 ФинДиректор. – Режим доступа: <https://kub24.ru/finance/finanalysis>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
11. Система программ 1С: Предприятие. – Режим доступа: <https://v8.1c.ru>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
12. Гуреева Е. Г. Анализ финансовой деятельности предприятия : учебное пособие / Е. Г. Гуреева, К. А. Гуреев. – Пермь : Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2018. – 156 с.

© Г. Ф. Зиннурова, Н. Н. Салова

Ссылка для цитирования:

Зиннурова Г. Ф., Салова Н. Н. Разработка образовательного ресурса в виде интерактивной панели с расчетной моделью процесса оценки финансового состояния // Инженерно-строительный вестник Прикаспия / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 4 (42). С.89–95.

УДК 35.073
DOI 10.52684/2312-3702-2022-42-4-95-99

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С. И. Носков, Н. И. Глухов, Т. К. Кириллова, Е. С. Попов

Носков Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем и защиты информации, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация, тел.: +7 914-902-24-94; e-mail: sergey.noskov.57@mail.ru;

Глухов Николай Иванович, кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем и защиты информации, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация, тел.: +7-902-767-49-95; e-mail: gni1953@mail.ru;

Кириллова Татьяна Климентьевна, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных систем и защита информации, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация, тел.: +7-950-126-33-22; e-mail: kirillova_tk@irgups.ru;

Попов Егор Сергеевич, магистрант, техник кафедры информационных систем и защиты информации, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация, тел.: +7-904-137-78-67; e-mail: eglir5732@mail.ru

В работе проведен краткий анализ публикаций по применению современных методов математического моделирования в сфере строительства автомобильных дорог. На основе комплексной обработки статистических данных за 2005–2020 гг. методами реализации конкурса моделей построена регрессионная модель динамики дорожного строительства в Российской Федерации, рассчитаны значения критериев адекватности – множественной детерминации, Фишера, согласованности поведения. Модель содержит в правой части, помимо линейных, одну мультипликативную составляющую. В качестве независимых переменных использованы валовой внутренний продукт, объем добычи нерудных строительных материалов, численность населения, объем инвестиций в дорожно-транспортную инфраструктуру. Рассчитаны относительные значения вкладов регрессоров, позволяющие установить степень их влияния на выходную переменную.

Ключевые слова: автодорожное строительство, регрессионная модель, конкурс моделей, критерии адекватности, мультипликативная компонента, значимость факторов.

MATHEMATICAL MODEL OF THE DYNAMICS OF ROAD CONSTRUCTION IN THE RUSSIAN FEDERATION

S. I. Noskov, N. I. Glukhov, T. K. Kirillova, E. S. Popov

Noskov Sergey Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Systems and Information Security, Irkutsk State University of Communications, Irkutsk, Russian Federation, phone: +7-914-902-24-94; e-mail: sergey.noskov.57@mail.ru;

Glukhov Nikolay Ivanovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems and Information Security, Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, Russian Federation, phone: +7-902-767-49-95; e-mail: gni1953@mail.ru;

Kirillova Tatyana Klimentyevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Information Systems and Information Protection, Irkutsk State University of Communications, Irkutsk, Russian Federation, phone: +7-950-126-33-22; e-mail: kirillo-va_tk@irgups.ru;

Popov Yegor Sergeevich, graduate student, Technician of the Department of Information Systems and Information Security, Irkutsk State University of Communications, Irkutsk, Russian Federation, phone: +7-904-137-78-67; e-mail: eglir5732@mail.ru

The paper provides a brief analysis of publications on the use of modern methods of mathematical modeling in the field of road construction. Based on the complex processing of statistical data for 2005–2020, a regression model of the dynamics of road construction in the Russian Federation was built using the methods of implementing a competition of models, the values of the adequacy criteria were calculated – multiple determination, Fisher, consistency of behavior. The model contains in its right part, in addition to linear ones, one multiplicative component. As independent variables in the model, the following were used: gross domestic product, volume of production of non-metallic building materials, population, volume of investments in road transport infrastructure. The relative values of the contributions of the regressors are calculated, which make it possible to establish the degree of their influence on the output variable.

Keywords: road construction, regression model, competition of models, adequacy criteria, multiplicative component, significance of factors.

Введение

Транспортная отрасль играет важнейшую роль в социально-экономическом развитии любого государства. В свою очередь, эффективность функционирования транспортных систем любого характера и масштаба прямо зависит от темпов дорожного строительства. Исследование соответствующих сложных процессов проводится в мире с привлечением современных методов математического, в частности регрессионного, моделирования. Так, в работе [1] создана модель глобального индекса транспортной доступности (ГИТД) с использованием растровых данных. Проведены классификационная оценка и автокорреляционный анализ, а также построена модель географической взвешенной регрессии для изучения пространственных характеристик распределения ГИТД и его корреляции с плотностью населения. В [2] разработана модель оценки стоимости новых проектов строительства сельских дорог. При использовании методов прогнозирования на основе модели стоимости применяется параметрический метод, основанный на регрессионном обучающем

модуле. Статья [3] посвящена разработке прогностической модели скорости разрушения выбоин на участке дороги Иджокодо – Апете в районе местного самоуправления Идо в Ибадане (Япония). Для реализации поставленной цели на выбранном участке дороги были проведены рекогносцировочное обследование и инвентаризация, выявлены выбоины как преобладающие нарушения дорожного покрытия, установлены цепи для облегчения определения положения выбоин, произведены замеры отдельных выбоин и отслеживание изменения их объема. Собраны данные об оценке конструкции дорожного покрытия и интенсивности движения, разработаны регрессионные модели скорости увеличения размеров выбоин с использованием известного статистического пакета программ SPSS.

В [4] отмечается, что строительные проекты, даже образцово спланированные и организованные, несут в себе риск непредвиденных событий и проблем, которые могут привести к завершению работ после установленного срока, то есть к задержкам. Строительство мостов является

неотъемлемой частью автомобильных и железнодорожных проектов, а также расширения транспортной сети. В работе ставится задача найти взаимосвязь между независимыми переменными, характеризующими мостовые проекты, и задержками в ходе их реализации. Для решения данной задачи предложены две альтернативные модели: логит и пробит. При построении моделей использовался набор данных для Польши за последние 12 лет. В заключительной части статьи рассчитаны параметры моделей, произведена оценка их качества и точности. В работе [5] с помощью методов регрессионного анализа изучаются отклонения от графика в реализации проектов строительства дорог и влияние физических характеристик проекта на такие отклонения. В [6] описана система поддержки принятия решений для ранней оценки стоимости автодорожных туннелей, основанная на применении многослойной сети прямого распространения и нейронной регрессионной сети.

Интересные результаты по применению методов регрессионного анализа для исследования транспортного строительства представлены в работах [7–11].

Регрессионная модель протяженности автомобильных дорог

Обсудим факторы, влияющие на динамику протяженности автомобильных дорог в Российской Федерации. Не вызывает сомнений тезис о том, что прежде всего к ним следует отнести численность населения и валовый внутренний продукт (ВВП) страны. Важным агрегирующим ресурсным показателем при строительстве автомобильных дорог является объем добычи нерудных строительных материалов (НСМ) – твердых и сыпучих материалов минерального происхождения, которые используются в строительстве без глубокой переработки, изменения химического состава

и выделения отдельных минеральных веществ. Добывают их из вулканических, осадочных и метаморфических пород. К ним относятся щебень, бутовый камень, мелкозернистый дробленый песок, гравий, строительный камень, керамзит и т.д. Не менее важным фактором являются инвестиции (капиталовложения) в дорожно-транспортную инфраструктуру из различных источников – федерального и региональных бюджетов, фонда национального благосостояния, иностранных средств, собственных средств транспортных организаций, частных инвестиций.

Введем следующие обозначения:

- y – протяженность автомобильных дорог, км;
- x_1 – валовый внутренний продукт, млрд руб.;
- x_2 – объем добычи нерудных строительных материалов, тыс. м³;
- x_3 – численность населения, чел.;
- x_4 – объем инвестиций в дорожно-транспортную инфраструктуру, млн руб.

Поставим задачу построения математической модели, связывающей выходную (зависимую) переменную y с входными (независимыми) переменными $x_i, i = \overline{1,3}$:

$$y = f(\alpha; x_1, x_2, x_3), \quad (1)$$

где α – вектор подлежащих оцениванию параметров.

Аппроксимирующую функцию f будем строить в классе линейных по параметрам функций с расширенным набором независимых переменных, включив в него элементарные преобразования исходных факторов [12, 13] и различные мультипликативные конструкции [14, 15].

В качестве информационной базы исследования воспользуемся статистическими данными за 2005–2020 гг. по Российской Федерации из официальных источников [16–19], представленными в таблице.

Таблица

Исходные данные для моделирования

Год	Протяженность автомобильных дорог, км	Валовый внутренний продукт, млрд руб.	Добыча нерудных строительных материалов, тыс. м ³	Численность населения, чел.	Инвестиции в дорожно-транспортную инфраструктуру, млн руб.
2005	581000.00	21609.77	270	143801046	213850.22
2006	701109.10	26917.20	318	143236582	275272.22
2007	747472.20	33247.51	392	142862692	412123.26
2008	754074.60	41276.85	428	142747535	558044.99
2009	792717.90	38807.22	272	142737196	352440.85
2010	825024.70	46308.54	319	142833502	350238.13
2011	927287.50	60114.00	376	142865433	475668.91
2012	1278342.50	68103.45	425	143056383	524202.18
2013	1396496.80	72985.70	424	143347059	555542.93
2014	1451249.70	79030.04	445	143666931	467863.38
2015	1480534.74	83087.36	447	146267288	345499.46
2016	1498497.09	85616.08	485	146544710	429084.21
2017	1507789.80	91843.15	509	146804372	463169.89
2018	1531564.72	103861.65	525.8	146880432	412202.34
2019	1542196.22	109608.31	535.3	146780720	379025.98
2020	1553664.06	107390.33	492.5	146748590	392711.09

В результате поведенного конкурса регрессионных моделей (состоящего в построении множества альтернативных вариантов зависимости (1) с последующим выбором лучшего варианта по векторному критерию адекватности) с использованием специализированного программного обеспечения [20] получим следующую линейную по параметрам модель с одной мультипликативной компонентой:

$$y = -1018528 + 0.01853x_1x_2 + 0.00989x_3 + 0.4698x_4, \quad (2)$$

$$R = 0.89, F = 32.79, \bar{K} = 76.7 \%,$$

где R – критерий множественной детерминации, F – критерий Фишера, \bar{K} – относительный критерий согласованности поведения, рассчитываемый для модели (2) по формуле:

$$\bar{K} = 0.83 \% \sum_{k=2005}^{2019} \sum_{s=k+1}^{2020} \text{sign}[(y_k - y_s)(\hat{y}_k - \hat{y}_s)],$$

где $\text{sign}(a) = \begin{cases} 1, & a \geq 0 \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$

$\hat{y}_k, k = \overline{2005, 2020}$ – расчетные (вычисленные по модели (2)) значения выходной переменной (см., например, [21, 22]).

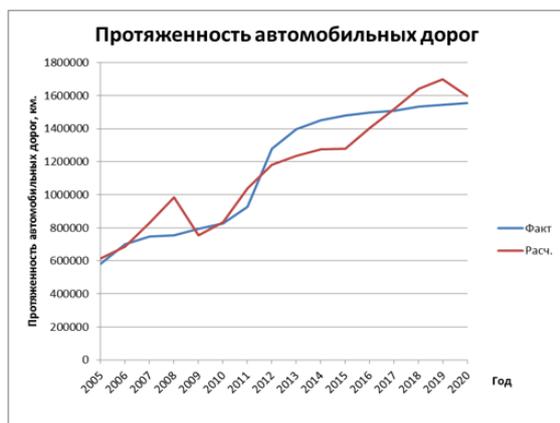


Рис. Расчетные и фактические значения зависимой переменной

Как следует из анализа значений критериев адекватности для модели (2), она обладает весьма высоким качеством аппроксимации. Этот вывод подтверждается приведенными на рисунке графиками расчетных и фактических значений зависимой переменной.

Рассчитаем относительные вклады регрессоров, входящих в правую часть модели (2), воспользовавшись изложенной в работе [14] методикой:

$$\delta(x_1x_2) = 19 \%; \delta(x_3) = 29 \%; \delta(x_4) = 52 \%.$$

Таким образом, наибольшей значимостью во влиянии на динамику строительства автодорог в Российской Федерации обладает объем инвестиций в дорожно-транспортную инфраструктуру.

Заключение

В работе проведен анализ публикаций по применению методов математического моделирования в сфере строительства автомобильных дорог. На основе обработки статистической информации за 2005–2020 гг. специальными методами реализации конкурса моделей построена регрессионная модель динамики дорожного строительства в Российской Федерации, рассчитаны значения критериев адекватности. Модель включает в правую часть, помимо линейных, одну мультипликативную компоненту. В качестве независимых факторов выделены валовый внутренний продукт, объем добычи нерудных строительных материалов, численность населения, объем инвестиций в дорожно-транспортную инфраструктуру. Рассчитаны относительные значения вкладов регрессоров, позволяющие установить степень их влияния на выходную переменную.

Список литературы

1. Shi H. Numerical simulation and spatial distribution of transportation accessibility in the regions involved in the belt and road initiative / H. Shi, Z. You, Z. Feng, Y. Yang // Sustainability (Switzerland). – 2019. – № 11 (22). – Pp. 6187–194.
2. Lin W. P. Model for predicting cost of rural road projects in Thailand / W. P. Lin, W. Techapeeraparnich // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – № 652 (1). – 12004 p.
3. Onyebuchi M. N. Pavement deterioration predictive models for a section of ijokodo-apete road ibadan, Nigeria / M. N. Onyebuchi, T. T. Michael, S. S. Peter // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – № 8 (6). – Pp. 4734–4740.
4. Leśniak A. Modelling Delays in Bridge Construction Projects Based on the Logit and Probit Regression / A. Leśniak, M. Juszczak, G. Piskorz // Archives of Civil engineering. – 2019. – № 65 (2). – Pp. 107–120.
5. Mahamid I. Analysis of schedule deviations in road construction projects and the effects of project physical characteristics / I. Mahamid // Journal of Financial Management of Property and Construction. – 2017. – № 22 (2). – Pp. 192–210.
6. Petroutsatou, K. Early cost estimating of road tunnel construction using neural networks / K. Petroutsatou, E. Georgopoulos, S. Lambropoulos, J. P. Pantouvakis // Journal of Construction Engineering and Management. – 2012. – № 138 (6). – Pp. 679–687.
7. Кособуцкая А. Ю. Автодорожная инфраструктура региона: пространственно-функциональная дифференциация и стратегическое позиционирование / А. Ю. Кособуцкая, П. А. Канапухин, М. Н. Бахтин // Экономика и управление: теория и практика. – 2020. – Т. 6, № 3. – С. 26–35.
8. Ахраменко Г. В. Регрессионный анализ эффективности строительства автомобильной дороги в Припятском Полесье (республика Беларусь) / Г. В. Ахраменко, П. Г. Ахраменко // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3 (58). – С. 96–103.

9. Горбатенко Д. С. Методические основы создания многофакторных регрессионных моделей аварийности на автомобильных дорогах / Д. С. Горбатенко, А. И. Рябчинский // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2007. – № 2 (9). – С. 90–95.
10. Домнина С. В. Инновационная составляющая в системе менеджмента качества автомобильных дорог / С. В. Домнина, Е. В. Савоскина, О. А. Гужова // International Journal of Advanced Studies. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 86–109.
11. Караулова А. В. Оценка степени нелинейности парных квазилинейных регрессий на примере моделирования грузооборота железнодорожного транспорта России / А. В. Караулова, М. П. Базилевский // Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования : материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – 2020. – С. 61–66.
12. Носков С. И. Реализация конкурса регрессионных моделей с применением критерия согласованности поведения / С. И. Носков // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Системный анализ и информационные технологии. – 2021. – № 2. – С. 153–160.
13. Носков С. И. Диалоговая система реализации «конкурса» регрессионных зависимостей / С. И. Носков, Н. А. Потороченко // Управляющие системы и машины. – 1992. – № 2–4. – С. 111–116.
14. Носков С. И. Анализ регрессионной модели грузооборота железнодорожного транспорта / С. И. Носков, И. П. Врублевский // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – № 1 (79). – С. 86–90.
15. Носков С. И. Математическая модель оценки безопасности перевозочного процесса на региональном уровне / С. И. Носков, В. А. Оленцевич, М. П. Базилевский // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2014. – Т. 1. – С. 537–542.
16. Официальный портал Федеральной службы государственной статистики. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 23.09.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
17. Витрина статистических данных статистики. – Режим доступа: <https://showdata.gks.ru/finder> (дата обращения: 23.09.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
18. Официальный портал Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС). – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 23.09.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
19. Интернет-портал статистики STATISTA. – Режим доступа: <https://www.statista.com/> (дата обращения: 26.09.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022616291, Российская Федерация. Программа построения линейных многофакторных регрессионных моделей с заданными характеристиками: № 2022615538: заявл. 29.03.2022; опубл. 18.04.2022 / С. И. Носков, Д. В. Пашков; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения».
21. Носков С. И. Применение функции риска для модельного описания колебания цен на рынке недвижимости / С. И. Носков, А. А. Хоняков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 3 (37). – С. 77–82.
22. Носков С. И. Применение метода максимальной согласованности для построения многофакторной регрессионной модели ввода жилья на региональном уровне / С. И. Носков, Ю. А. Бычков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 2 (40). – С. 141–145.

© С. И. Носков, Н. И. Глухов, Т. К. Кириллова, Е. С. Попов

Ссылка для цитирования:

Носков С. И., Глухов Н. И., Кириллова Т. К., Попов Е. С. Математическая модель динамики дорожного строительства в Российской Федерации // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 4 (42). С. 95–99.

УДК 519.688
DOI 10.52684/2312-3702-2022-42-4-99-104

**ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА РАННЕЙ СТАДИИ АНАЛИЗА ВАРИАНТОВ
РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ**

Б. Х. Санжапов, Р. Б. Санжапов, К. В. Катеринин

Санжапов Булат Хизбуллович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Математические и естественнонаучные дисциплины», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: 8 (844) 96-99-29; e-mail: sbkh@mail.ru;

Санжапов Ринат Булатович, кандидат технических наук, разработчик информационных систем, ООО «Озон Технологии», г. Москва, Российская Федерация, тел.: 8 (8442) 96-99-29; e-mail: rinatsan-zharov5310@gmail.com;