



Информация об авторах

Authors

Зубков Валерий Валерьевич – к. т. н., заместитель начальника Департамента производственной инфраструктуры АО «ФГК», г. Екатеринбург, e-mail: zubkovv1973@gmail.com

Valerii Valer'evich Zubkov – Ph.D. in Engineering Science, Deputy Head of the Production Infrastructure Department of JSC Federal Freight Company, Ekaterinburg, e-mail: zubkovv1973@gmail.com

Для цитирования

For citation

Зубков В. В. Детализация структуры воздействия участников комплексной транспортной услуги на повышение качества обслуживания // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 61, № 1. – С. 131–139. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).131–139

Zubkov V. V. Detalizatsiya struktury vozdeistviya uchastnikov kompleksnoi transportnoi uslugi na povyshenie kachestva obsluzhivaniya [Specification of impact structure of participants of the complex transport service on the service quality improvement]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemyy analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019, Vol. 61, No. 1, pp. 131–139. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).131–139

УДК 519.6:311

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).139–144

А. С. Яхина¹, О. К. Куклина²

¹ Читинский институт – филиал Байкальского государственного университета, г. Чита, Российская Федерация

² Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 27 октября 2018 г.

МНОГОФАКТОРНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МОМЕНТА ДОСТИЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЗАРАНЕЕ ЗАДАННЫХ КОНКРЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Аннотация. С помощью многофакторных моделей II порядка и инструмента подбора параметров создана модель для оценивания момента достижения показателями грузооборота и объема погрузки грузов заранее заданных конкретных значений. Работа выполнена по стат. данным работы Улан-Баторской железной дороги. Из 10 факторов часть оказались незначимыми, часть оказывающими незначительное влияние на результативные показатели. В результате используемыми в модели оказались следующие факторы: для грузооборота – средняя зарплата, млн. тугр; эксплуатационный парк локомотивов, лок/сут; среднесуточный пробег локомотива, км/сут; для погрузки грузов – это среднесуточный пробег локомотива, км/сут и средняя заработная плата, тыс. тугр. При использовании на практике полученных двухфакторных моделей в задаче прогнозирования результативных показателей необходимо для каждого фактора создать прогнозную модель, как функцию времени (т. н. факторную модель). Определив прогнозные значения по факторам, можно подставлять эти значения в многофакторную модель и вычислять прогнозные значения результативных показателей, а далее с использованием механизма подбора параметров, получить тот временной период, по окончании которого грузооборот и объем погрузки грузов превысят заранее заданное конкретное значение. Все классические задачи прогнозирования заключаются в прогнозировании значений параметров моделей либо в прогнозировании значений результативного показателя при известных значениях параметров, в данной же работе предлагается механизм, позволяющий определять время достижения результативным показателем желаемого значения.

Ключевые слова: прогнозирование, грузовые перевозки, многофакторный регрессионный анализ, механизм подбора параметров.

А. S. Yakhina¹, O. K. Kuklina²

¹ Chita Institute of Baikal State University, Chita, Russian Federation

² Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

Received: October 27, 2018

THE MULTI-FACTOR ESTIMATION OF THE RAILWAY TRANSPORTATION PROCESS INDICATORS TO FORECAST THE MOMENT THE OUTPUT INDICATORS ACHIEVED THE PREVIOUSLY DEFINED SPECIFIC VALUES

Abstract. The multi-factor models of the second degree and parameter selection tools were used to create the model to estimate the moment the indicators of freight turnover and loading volume reached the previously defined specific values. The research was made according to statistical data of the Ulan-Bator railway. From ten factors, some of them turned out to be insignificant, and some of them had insignificant influence on output indicators. As a result, the following factors were used for research: for turnover – the average salary, mln. tugrics; exploitative fleet of the locomotives, loc/day; the average mileage of the locomotive, km/day; for freight loading, it



is the average mileage of the locomotive, km/day; and the average salary, thous. tugrics. It is necessary to create a factor model (the forecast model for factors as a function of time) for each factor when using multi-factor models of the second degree in practice for the problem of forecasting output indicators. When the forecast values are defined that values can be used in multi-factor models and output indicators can be calculated and then using the goal seek tools the time period will be defined after which the turnover and loading volume will be more than previously defined specific values. All the classic forecasting tasks consist in predicting the values of model parameters or in predicting the values of the effective indicator for known values of parameters. This paper proposes a mechanism to determine the time when an effective indicator achieves the desired value.

Keywords: forecasting, freight transportation, multi-factor regression analysis, parameter selection tool.

Введение

В работах [1–5] проанализированы результаты оценивания показателей процесса перевозки грузов: 1) грузооборота (y_1 , млн. ткм); 2) объема погрузки грузов (y_2 , тыс. тонн) на основе многофакторных моделей (МФМ) I и II порядков. Представленные исследования проведены по стат. данным Улан-Баторской железной дороги (УБЖД). Так как УБЖД является предприятием-монополистом, занимающимся жд-перевозками в Монголии, работы по ней ведутся многими исследователями, напр., есть публикации, посвященные прогнозированию перевозочного процесса на УБЖД на основе экспертн. информации [6, 7], а также работы, посвященные интерв. прогнозированию нестационарных динам. показателей [8] и вероятностному моделированию показателей на основе регресс. анализа [4, 9]. Результаты прогнозирования показателей работы железных дорог приведены и в зарубежных источниках [10–12], особенно часто такие исследования встречаются у китайских авторов [10, 11].

В работах [1–3] было приведено обоснование использования двух или трех факторов вместо десяти. В качестве исходных были рассмотрены следующие 10 факторов: статическая нагрузка, т (x_1); оборот вагона, сутки (x_2); простой вагона под одной грузовой операцией, в вагоно-часах (x_3); средняя заработная плата, млн. тугр (x_4); себестоимость, тыс. тугр/млн. т-км (x_5); средний вес поезда, т брутто (x_6); техническая скорость, км/час (x_7); участковая скорость, км/час (x_8); среднесутный пробег локомотива., км/сут (x_9); эксплуатационный парк локомотивов, лок/сут (x_{10}).

Количество существенно влияющих на результаты показателей факторов возможно снизить, если факторы либо коррелированы, либо являются не значимыми для грузооборота или погрузки грузов.

В работах [4, 5] были созданы МФМ II порядка для того, чтобы оценить грузооборот и объем погрузки грузов. Резулт. показатели рекомендуются прогнозировать в два этапа: на I этапе определять прогнозн. значения факторов по факторным моделям (ФМ); на II этапе подставлять полученные на I этапе значения в МФМ и вычислять прогнозные значения результатов показателей.

Описание программного обеспечения

В данной работе было использовано программное обеспечение (ПО), главным фактором

которого является доступность, – это надстройки MS Excel.

Надстройка MS Excel «Анализ данных» предназначена для статистического анализа введенных («входной диапазон») данных, для которых указаны соответствующие параметры. Расчет выполняется с исполнением подходящей статической или инженерной макрофункции, а результат помещается в заранее выбранный «выходной диапазон».

Для поставл. задачи была применена надстройка «Пакет анализа», конкретно утилита «Регрессия» Утилита «Регрессия» позволяет получить информацию о том, какую форму и характер имеет зависимость между результа. и факторными переменными, а также механизм «Подбора параметров», который позволяет получить значения одного из параметров, если задано значение результа. показателя. Применяя надстройку «Пакет анализа», были отобраны значимые с практической точки зрения факторы для прогнозирования грузооборота и погрузки грузов, созданы МФМ II порядка для оценивания грузооборота и объема погрузки грузов, а также был получен прогноз временного периода, по окончании которого результа. показатели примут желаемое значение. Важность исследований по перечисленным вопросам подтверждается многочисленными работами на тему железнодорожных перевозок [3–10].

Математическое описание задачи

В работе [1] на первом этапе были выявлены коррелированные факторы, для грузооборота и погрузки грузов, в результате были оставлены в модели 5 факторов: x_1 , x_2 , x_4 , x_9 , x_{10} . Далее на II этапе используя t-статистики, были выявлены незначимые для грузооборота и погрузки грузов факторы.

В работе [4] исследования были продолжены; в результате было показано, что при прогнозировании грузооборота и объема погрузки грузов следует использовать МФМ II порядка (1), т. к. данные МФМ обладают более высокой степенью адекватности

$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_p \cdot x_p + a_{11} \cdot x_1^2 + a_{22} \cdot x_2^2 + \dots + a_{pp} \cdot x_p^2. \quad (1)$$

Для нахождения параметров МФМ в работе предлагается использовать метод наименьших



квадратов (МНК) [13, 14]. Все необходимые расчеты были выполнены, результаты представлены в работах [4,5]. Найденные параметры МФМ (1) для грузооборота получены следующие:

$$y_1 = -46878.95 + 166.69 \cdot x_9 + 202.3 \cdot x_{10} + 0.0052 \cdot x_4^2 - 0.150 \cdot x_9^2 \quad (2)$$

Для объема перевезенных грузов МФМ II порядка была получена следующего вида:

$$y_2 = -49328.378 + 11.945 \cdot x_4 + 218.646 \cdot x_9 - 0.21 \cdot x_9^2 \quad (3)$$

Для проверки значимости уравнений были рассчитаны F -статистики для каждой МФМ (2) и (3). F -статистика для МФМ (2) получилась равной 133,96, для модели (3) эта величина равна соответственно 378,03. Все найденные значения t -статистики Стьюдента по МФМ (2) и (3) оказались больше критического значения, следовательно, можно сделать вывод о значимости всех рассматриваемых факторов.

С целью прогнозирования результат. показателей в работе были получены и проанализированы ФМ для следующих факторов: 1) x_4 – средняя заработная плата, млн. тугр; 2) x_9 – среднесуточный пробег локомотива, км/сут; 3) x_{10} – эксплуатационный парк локомотивов, лок/сут.

Используя полученные ФМ можно строить прогноз значений для каждого из перечисленных факторов на будущие периоды.

А далее подставляя прогнозные значения факторов в МФМ (2) и (3), получить прогнозные значения результатов показателей грузооборота и объема перевезенных грузов при фиксированных прогнозных значениях факторов, что и было реализовано в цитируемых работах.

Проверка адекватности моделей (2) и (3)

На рис. 1 приведены графики, построенные по наблюдаемым значениям и значениям, рассчитанным по модели (2) с прогнозом на последующие периоды.

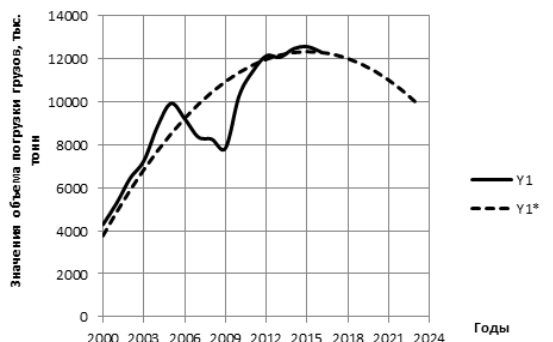


Рис. 1. Графическая иллюстрация адекватности моделей, модель (2)

На рис. 2 приведены графики, построенные по наблюдаемым значениям и значениям, рассчитанным по модели (3) с прогнозом на последующие периоды.

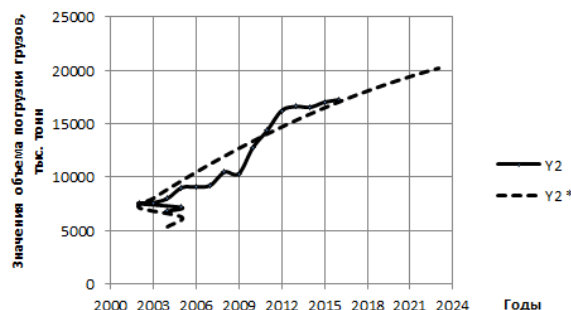


Рис. 2. Графическая иллюстрация адекватности моделей, модель (3)

Анализируя графические иллюстрации (рис. 1 и 2), а также значения F -критерия Фишера и t -критерия Стьюдента для каждой из МФМ (2) и (3), можно сделать вывод об адекватности полученных МФМ II-ого порядка для грузооборота и объема погрузки грузов с практической точки зрения.

Механизм подбора параметров

Классические задачи прогнозирования заключаются в прогнозировании значений параметров моделей либо в прогнозировании значений результатов показателя при известных значениях параметров.

В данной же работе предлагается отойти от классической схемы и использовать алгоритм, позволяющий определять время достижения результата показателем желаемого значения.

Принцип работы механизма подбора параметров заключается в следующем: в одной из ячеек указано может любое число, а в другой следует написать в формульном виде функцию, зависящую от значения в первой ячейке, для которого следует подобрать решение. После этого следует выбрать пункт «Подбор параметра». В открывшемся диалоге в первом поле указывается адрес ячейки с функцией, во втором значение, которое принимает выражение с участием искомой переменной, а в третьем адрес ячейки, где располагается некоторое число, посредством изменения которого и будет осуществляться процесс подбора параметра. После нажатия на кнопку «ОК» будет выведена информация о результатах выполнения процедуры подбора, а после закрытия этого информационного окна в первой ячейке, где было написано произвольное число, будет выведено значение переменной, максимально удовлетворяющее условиям. При использовании механизма «Подбора параметра» необходимо иметь в виду,



что применяются численные, а не аналитические методы вычисления, поэтому результат данной операции может быть не абсолютно точным, а лишь максимально приближенным к реальному.

Используя механизм «Подбора параметров» были найдены периоды, по окончании которых результат. показатели грузооборота и объема перевезенных грузов примут конкретные желаемые значения при условии, что сохранится текущая тенденция изменения факторных показателей.

В табл. 1 приведены абсолютные и относительные отклонения в процентах между реальными и прогнозными значениями временного периода, в котором объем перевезенных грузов превышал конкретное значение. Эти отклонения рассчитаны по формулам (4) и (5).

$$\Delta_t = t_{nabl} - t_{rasch}, \quad (4)$$

$$\delta_t = \frac{|t_{nabl} - t_{rasch}|}{t_{nabl}} \cdot 100\%. \quad (5)$$

Таблица 1

Абсолютные и относительные отклонения в процентах по объему перевезенных грузов

Достигнутый уровень объема перевезенных грузов y_2^*	Δ_t	$\delta_t, \%$
7000	-1	0,04
8000	2	0,10
9000	1	0,04
10000	3	0,13
11000	2	0,11
12000	2	0,10
11000	2	0,08
13000	0	0,00
14000	0	0,02
15000	-2	0,11
16000	-2	0,10

В табл. 1: Δ_t – это абсолютные отклонения реального и прогнозного периода, в котором величина объема перевезенных грузов достигла величины y_2^* . Например, если абсолютное отклонение для объема перевезенных грузов равного 16000 (тыс. тонн) равно 1, значит прогнозная модель (3) ошиблась на 2 года. Модель (3) прогнозировала, что объем перевезенных грузов достигнет величины 16000 (тыс. тонн) в 2014 году, а реально оно было достигнуто в 2012 году; δ_t – это относительные отклонения в процентах между значениями реального и прогнозного периодов, в котором величина объема перевезенных грузов достигла величины y_2^* . Например, если относительное отклонение для объема перевезенных грузов равного 16000 (тыс. тонн) равно 0,1 %, значит прогнозная модель (3) ошиблась на 0,1 % при определении временного периода.

В табл. 2 приведены абсолютные и относительные отклонения в процентах между реальными и прогнозными значениями временного периода, в котором грузооборот превышал конкретное значение.

Таблица 2

Абсолютные и относительные отклонения в процентах по грузообороту

Достигнутый уровень грузооборота y_1^*	Δ_t	$\delta_t, \%$
5000	-1	0,04%
6000	-1	0,05%
7000	-1	0,06%
8000	-1	0,07%
9000	-2	0,09%
10000	2	0,10%
11000	2	0,08%
12000	1	0,05%

В табл. 2: Δ_t – это абсолютные отклонения реального и прогнозного периода, в котором величина грузооборота достигла величины y_1^* . Например, если абсолютное отклонение для грузооборота равного 12000 (млн. ткм) равно 1, значит прогнозная модель (2) ошиблась на 1 год. Модель (4) прогнозировала, что объем перевезенных грузов достигнет величины 12000 (млн. ткм) в 2011 году, а реально оно было достигнуто в 2012 году; δ_t – это относительные отклонения в процентах между значениями реального и прогнозного периодов, в котором величина грузооборота достигла величины y_1^* . Например, если относительное отклонение для грузооборота равного 12000 (млн. ткм) равно 0,05 %, значит прогнозная модель (2) ошиблась на 0,05 % при определении временного периода.

Полученные абсолютные и относительные отклонения по каждому временному периоду являются не значительными, следовательно, можно говорить о качестве проведения такого анализа.

Анализ относительных и абсолютных отклонений в процентах позволяет сделать вывод, что временной период, в котором объем погрузки грузов и грузооборот достигнут желаемого значения возможно производить прогноз, используя полученные модели II порядка.

Заключение

1. Представлен анализ статистических данных по УБЖД. Сформулированы выводы о возможности прогнозирования грузооборота (y_1 , млн. ткм) и объема погрузки грузов (y_2 , тыс. тонн) по предложенному количеству факторов, используя МФМ II порядка: а) 4-факторная



модель (2) была предложена для прогнозирования грузооборота УБЖД; б) а 3-факторная модель (3) – для объема погрузки грузов УБЖД.

2. Используя в дальнейшем ФМ, результативные показатели предлагается прогнозировать следующим образом: а) сначала определяем прогнозные значения самих факторов по ФМ; б) далее подставляем прогнозные значения этих факторов в МФМ и вычислять прогнозные значения показателей (грузооборота и объема погрузки грузов); в) используем механизм «Подбора параметров», где

есть возможность определять период, по окончании которого показатели грузооборота и объема перевезенных грузов примут конкретные желаемые значения.

3. Классические задачи прогнозирования заключаются в прогнозировании значений параметров моделей либо в прогнозировании значений результатов показателя при известных значениях параметров, нами предлагается механизм, позволяющий определять время достижения результата показателем желаемого значения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давааням Т., Михайлова Е.А., Яхина А.С. Модели многофакторного оценивания основных показателей перевозки грузов // Вестн. Заб. гос. ун-та. 2015. № 12. С. 80–86.
2. Давааням Т., Михайлова Е.А., Яхина А.С. Модели многофакторного оценивания основных показателей перевозки грузов // Вестн. Челябин. гос. ун-та. 2015. № 12. С. 80.
3. Краковский Ю.М., Давааням Т. Разработка многофакторных моделей прогнозирования грузооборота и объема перевезенных грузов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2014. № 4. С. 110–113.
4. Краковский Ю.М., Михайлова Е.А., Яхина А.С. Статистический анализ многофакторных регрессий моделей для погрузки грузов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск : Изд-во ИрГУПС, 2018. Т.1. С. 421–424.
5. Краковский Ю.М., Тамир Д., Яхина А.С. Многофакторное оценивание показателей перевозочного процесса на основе моделей второго порядка // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 2. С. 82–85.
6. Краковский Ю. М., Домбровский И. А. Прогнозирование грузооборота дороги на основе статистической и эксплуатационной информации // Вестник стипендиатов DAAD. 2013. Т.1. № 1-1 (10). С. 18–25.
7. Краковский Ю.М., Домбровский И.А. Прогнозирование показателей грузовых перевозок Улан-Баторской железной дороги // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 4 (13). С. 225–228.
8. Краковский Ю.М., Лузгин А.Н. Программное обеспечение интервального прогнозирования нестационарных динамических показателей // Вестник ИрГТУ. 2015. № 4. С. 12–16.
9. Краковский Ю.М., Ботавина Д.В. Вероятност. моделирование показателей перевозочного процесса грузов на основе регресс. анализа // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т.1. С. 417–421.
10. Huijun Wu, Guiyun Liu Container Sea-Rail Transport Volume Forecasting of Ningbo Port Based on Combination Forecasting Model // International Conference on Advances in Energy, Environment and Chemical Engineering (AEECE-2015). 2015. P. 449–454.
11. Youan Wanga, Xumei Chena, Yanhui Hana, Shuxia Guob Forecast of Passenger and Freight Traffic Volume Based on Elasticity Coefficient Method and Grey Model // 13th COTA International Conference of Transportation Professionals (CICTP 2013). Procedia - Social and Behavioral Sciences 96 (2013). P. 136–147.
12. Rudakov K.V., Strizhov V.V., Kashirin D.O. Motrenko and M. M. Stenina Selecting an Optimal Model for Forecasting the Volumes of Railway Goods Transportation // Avtomatika i Telemekhanika. 2017. №1. P. 91–105.
13. Воскобойников Ю.Е. Эконометрика в Excel: парные и множественные регрессивные модели. СПб. : Лань, 2018. 260 с.
14. Панков А.Р., Горяинова Е.Р., Жерносок А.И. Статистические методы обработки данных. М. : Изд-во МАИ, 2013. 84 с.

REFERENCES

1. Davaanyam T., Mikhailova E. A., Yakhina A. S. Modeli mnogofaktorn. otsenivaniya osn. pokazatelei perevozki грузов [Models of multifactorial. evaluation of DOS. indicators of cargo transportation]. *Vestnik Zab. gos. universiteta [Transbaikal State University Journal]*, 2015. No. 12, pp. 80-86.
2. Davaanyam T., Mikhailova E.A., Yakhina A. S. Modeli mnogofaktorn. otsenivaniya osn. pokazatelei perevozki грузов [Models of multifactorial evaluation of main indicators of freight transportation]. *Vestnik Chelyabinsk gos. universiteta [Bulletin of Chelyabinsk state university]*, 2015. No.12, p. 80.
3. Krakovskii Yu. M., Davaanyam T. Razrabotka mnogofaktorn. modelei prognozirovaniya gruzooborota i ob"ema perevezennykh грузов. [Development of multifactorial models of forecasting the freight turnover and volume of goods transported]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern technologies. System analysis. Modeling]*, 2014. No. 4, pp. 110-113.
4. Krakovskii Yu. M., Mikhailova E. A., Yakhina A. S. Statist. analiz mnogofaktorn. regress. modelei dlya pogruzki грузов [Statistical analysis of multifactorial regression models for loading goods]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona [Transport infrastructure of the Siberian region]*. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2018. Vol.1, pp. 421–424.
5. Krakovskii Yu. M., Tamiir D., Yakhina A. S. Mnogofaktorn. otsenivanie pokazatelei perevochnogo protsessa na osnove modelei vtorogo poryadka [Multifactorial estimation of indicators of the transportation process on the basis of second-order models]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern technologies. System analysis. Modeling]*, 2016. No. 2, pp. 82-85.
6. Krakovskii Yu. M., Dombrovskii I. A. Prognozirovaniye gruzooborota dorogi na osnove statist. i eksp. informatsii [Prediction of road traffic on the basis of stat. and exp. information]. *Vestnik stipendiatov DAAD [DAAD Fellows Bulletin]*, 2013. Vol.1, No.1-1(10), pp. 18-25.



7. Krakovskii Yu. M., Dombrovskii I. A. Prognozirovanie pokazatelei gruzovykh perevozok Ulan-Batorskoi zheleznoi dorogi [Prediction of freight traffic indicators of the Ulan-Bator railway]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling], 2013. No.4 (13), pp. 225-228.
8. Krakovskii Yu. M., Luzgin A. N. Programmn. obespechenie interv. prognozirovaniya nestats. dinam. pokazatelei [Programm. Interval provision forecasting nestats. dynam indicators]. *Vestnik IrGTU* [Proceedings of Irkutsk State Technical University], 2015. No. 4, pp. 12-16.
9. Krakovskii Yu. M., Botavina D. V. Veroyatnost. modelirovanie pokazatelei perevochnogo protsessa gruzov na osnove regress. analiza [Probabilistic modeling indicators of the transportation process of goods on the basis of regression analysis]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona* [Transport infrastructure of the Siberian region], 2018. Vol.1, pp. 417-421.
10. Huijun Wu, Guiyun Liu Container Sea-Rail Transport Volume Forecasting of Ningbo Port Based on Combination Forecasting Model. *International Conference on Advances in Energy, Environment and Chemical Engineering (AEECE-2015)*, 2015, pp. 449-454.
11. Youan Wanga, Xumei Chena, Yanhui Hana, Shuxia Guob Forecast of Passenger and Freight Traffic Volume Based on Elasticity Coefficient Method and Grey Model. *13th COTA International Conference of Transportation Professionals (CICTP 2013). Procedia - Social and Behavioral Sciences 96 (2013)*, pp. 136-147.
12. Rudakov K. V., Strizhov V. V., Kashirin D. O., Kuznetsov M. P., Motrenko A. P., Stenina M. M. Selecting an Optimal Model for Forecasting the Volumes of Railway Goods Transportation. *Avtomatika i Telemekhanika* [Automation and Telemechanics], 2017. No.1, pp. 91-105.
13. Voskoboinikov Yu. E. Ekonometrika v Excel: parnye i mnozhestvennyye regress. modeli [Econometrics in Excel: Paired and multiple regress. models]. St. Petersburg: «Lan» Publ., 2018. 260 p.
14. Pankov A. R., Goryainova E. R., Zhernosek A. I. Stat. metody obrabotki dannykh [Statistical methods of data processing]. Moscow: MAI Publ., 2013. 84 p.

Информация об авторах

Authors

Яхина Асия Сергеевна – к. т. н., доцент кафедры «Информационные технологии и высшая математика», Читинский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет», e-mail: belomvas@yandex.ru

Asiya Sergeevna Yakhina – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. of the Subdepartment of Information Technologies and Higher Mathematics, Chita Institute of Baikal State University, e-mail: belomvas@yandex.ru.

Куклина Ольга Константиновна – аспирант, кафедра «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, e-mail: kuklina.olya@gmail.com

Ol'ga Konstantinovna Kuklina – Ph.D. student of the Subdepartment of System of Informatics and Information Protection, Irkutsk State Transport University, e-mail: kuklina.olya@gmail.com

Для цитирования

For citation

Яхина А. С. Многофакторное оценивание показателей процесса железнодорожных перевозок с целью прогнозирования момента достижения результативными показателями заранее заданных конкретных значений / А. С. Яхина, О. К. Куклина // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 61, № 1. – С. 139–144. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).139–144

Yakhina A. S., Kuklina O. K. Mnogofaktornoye otsenivaniye pokazateley protsessa zheleznodorozhnykh perevozok s tsel'yu prognozirovaniya momenta dostizheniya rezul'tativnymi pokazatelyami zaraneye zadannykh konkretnykh znacheniy [The multi-factor estimation of the railway transportation process indicators to forecast the moment the output indicators achieved the previously defined specific values]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019, Vol. 61, No. 1, pp. 139–144. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).139–144

УДК 519.6:311

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).144–156

Н. А. Рябчёнок, Т. Л. Алексеева, Л. А. Астраханцев, А. Л. Мартусов

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 12 декабря 2018 г.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ ПОЕЗДОВ

Аннотация. Повышаются объемы, скорости и производительность транспортных работ на железной дороге для выполнения заказов по транспортировке сырья и готовой продукции предприятий, а также для выполнения заказов по транзитной транспортировке товаров иностранных государств европейского и азиатско-тихоокеанского континента. Современные организационные технологии вождения тяжеловесных, составных поездов и скоростного движения имеют ограниченные возможности для решения поставленных задач и выполняются с неудовлетворительной энергетической эффективностью. Статья посвящена оценке энергетической эффективности тягового электропривода электровоза с импульсным регулятором мощности тяговых электродвигателей и электровоза с непрерывным, полным использованием электрического потенциала контактной сети для тяги поезда. Исследование позволяет ориентировать научных сотрудников, конструкторов, проектировщиков и инженеров на разработку технических решений, которые устраняют причину неудовлетворительной работы