

УДК 519.862.6

А.Б. Ойдопова

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», г. Чита, Российская Федерация

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШТРАФОВ ЗА ПРОСТОИ ВАГОНОВ НА ПЕРЕГРУЗ НА СТАНЦИИ ЗАБАЙКАЛЬСК

Аннотация. *Статья посвящена проблеме построения регрессионной модели влияния количества вагонов под перегруз, простоев вагонов КЖД и времени, затрачиваемого на проверку НТУ, на размер штрафов ответственности ОАО «РЖД» перед КЖД. С помощью метода наименьших квадратов в пакете Gretl оценена модель множественной линейной регрессии с тремя объясняющими переменными. Оказалось, что время на проверку НТУ не оказывает значимого влияния на размер штрафов, поэтому соответствующая переменная была исключена. В результате была построена адекватная по коэффициенту детерминации регрессионная модель с двумя переменными. Дана её интерпретация.*

Ключевые слова: *регрессионная модель, метод наименьших квадратов, простой вагона, ответственность ОАО «РЖД», клиентоориентированность.*

А.В. Ойдопова

Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, Russian Federation

MODELING OF FINES FOR DOWNTIME OF WAGONS FOR OVERLOADING AT THE ZABAİKALSK STATION

Abstract. *The article is devoted to the problem of constructing a regression model of the influence of the number of cars under overload, downtime of railway cars and the time spent on checking NTU on the amount of penalties of liability of JSC "Russian Railways" to the Railways. "Gretl." It turned out that the time to check the NTU does not have a significant impact on the amount of fines, so the corresponding variable was excluded. As a result, a regression model with two variables adequate in terms of the coefficient of determination was constructed. Its interpretation is given.*

Keywords: *regression model, least squares method, simple carriage, responsibility of JSC "Russian Railways", customer orientation.*

Введение

Нельзя недооценивать риск потери грузов и клиентов в новых экономических условиях. Поэтому большое внимание уделяется вопросам клиентоориентированности, обслуживания клиентов и более тесного взаимодействия с грузовладельцами.

Главный критерий работы ОАО «РЖД» - удовлетворение потребностей клиентов в качестве и доступности услуг. Но, к сожалению, чаще происходит то, что клиенты все-таки уходят. Долгие простои, тяжелая схема согласования документов, нераспределенная ответственность, несогласованность структур – всё это перекрывает собой все услуги, которые создаются для клиентов [1].

По сути, сейчас в ОАО РЖД разработаны две политики клиентоориентированности – внутренняя и внешняя. Первая рассматривается как инструмент обеспечения такого взаимодействия различных подразделений холдинга, которое создаст условия для предоставления клиентам оптимального качества услуг. Вторая же нацелена на разработку транспортных продуктов с добавленной стоимостью и формирование сбалансированного портфеля разнообразных сервисов.

1. Проблема с простоями

В последнее время наблюдается такая тенденция — отказ от услуг железной дороги тех, кто раньше был в числе постоянных клиентов компании в сфере:

- лесопроизводства;
- металлургии;

- производство цемента;
- продукты питания;
- нефтегазовое дело и т.д.

Клиентоориентированность, как комплексная масштабная задача, становится одной из ключевых ценностей ОАО «РЖД». В грузовых перевозках – это привлечение на железную дорогу дополнительных грузов с других видов транспорта, решение существующих проблем и формирование новых логистических услуг [2].

Услуги, направленные на клиента, позволяют сделать железнодорожный транспорт более привлекательным и доступным для грузоотправителей. Проводя переговоры с клиентами и формируя для них коммерческие предложения, учитывающие современную ситуацию, потребности и платёжные возможности заказчиков, необходимо создать для каждого клиента такой транспортный продукт, который его заинтересует и даст возможность развивать свой бизнес на основе эффективной логистики. Складывается она, в первую очередь, из показателей клиентоориентированности, которые представлены в таблице 1 [3]:

Таблица 1

Показатели клиентоориентированности

Показатели	Характеристика
1	2
Показатели своевременности выполнения перевозки	- перевозка груза к назначенному сроку; - регулярность прибытия груза; - срочность перевозки груза
Показатели сохранности перевозимых грузов	- «без потерь»; - «без повреждений»; - «без пропажи»; - «без недостачи».
Экономические показатели	- удельные затраты на производство погрузочно-разгрузочных и складских работ; - процент (доля) транспортных издержек в себестоимости продукции (товара).

Рассмотрим проблемы в транспортно-логистическом комплексе и выявим наиболее сильно оказывающие негативное влияние на своевременное выполнение услуг с помощью диаграммы Парето [4].

Диаграмма Парето применяется для анализа и ранжирования факторов, влияющих на ту или иную характеристику качества продукции или иного процесса, разделяя их на многочисленные важные и многочисленные несущественные, что позволяет сконцентрировать усилия при решении проблем.

Для составления диаграммы Парето были определены следующие причины:

причина №1 – нехватка квалифицированных кадров в области современных логистических процессов и технологий;

причина №2 – использование устаревших/неприменение современных технологий логистики;

причина №3 – высокие транспортные издержки;

причина №4 – некомпетентное руководство;

причина №5 – простои на станции.

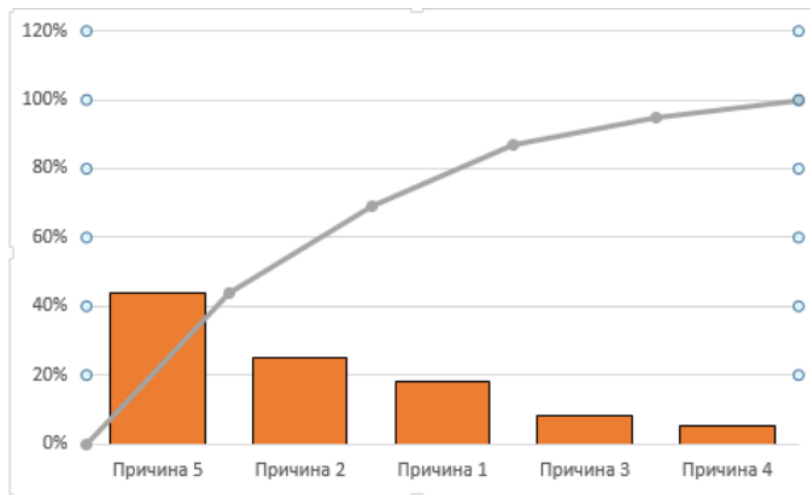


Рис. 1. Основные причины проблем внедрения 4PL-уровня логистики в регионах

Как видно из диаграммы, наиболее негативное влияние на своевременное оказание услуг оказывают простои на станции.

На станциях работа с вагонами занимает ведущее место, ведь именно с вагонами осуществляется наибольшее количество работы. Необходимо периодически проводить детальный анализ грузовой и маневровой работы на станции, чтобы выявить проблемные места и оптимизировать работу [5].

Сегодня на станции Забайкальск сложилась такая ситуация, при которой время простоя вагонов под перегрузку значительно превышает все допустимые нормы. Часто, трудно выделить одну ярко выраженную причину данной проблемы, так как она может быть заложена в самых разных уровнях обработки вагона на станции.

Превышающий норму простоя местного вагона влечет за собой:

- несвоевременное выполнение грузовых операций;
- увеличение рабочего парка вагонов, локомотивов;
- увеличение путевого развития;
- уменьшение пропускной способности станции;
- увеличение времени оборота вагона;
- штрафные санкции.

За задержку вагонов (по различным причинам) назначается ответственность ОАО «РЖД» и выплата штрафов компании «Китайские железные дороги» в размере 1,21 швейцарский франк за один час простоя вагона [5].

2. Моделирование штрафов за простои вагонов с помощью множественной линейной регрессии

Эффективным инструментом построения математических зависимостей между исследуемыми переменными является регрессионный анализ [6-9]. В настоящее время регрессионное моделирование активно развивается. Так, в [10–12] разработана модель полносвязной линейной регрессии, на основе которой в [13] предложен метод выпрямления искаженных из-за мультиколлинеарности коэффициентов. В работах [14,15] предложен метод смешанного оценивания параметров линейной регрессии. В [16] разработан программный комплекс, решающий задачу определения заданного числа наиболее «информативных» регрессоров с корректировкой оценок регрессии по критерию согласованности поведения, а в [17] сформулирована задача множественного оценивания регрессионных моделей с одновременной максимизацией значения критерия согласованности поведения. В [18-22] предложена технология оценивания регрессий с помощью метода наименьших квадратов (МНК) с использованием аппарата частично-булевого линейного программирования.

Рассмотрим модель множественной линейной регрессии:

$$y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^l \alpha_j x_{ij} + \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где n – объем выборки; l – количество объясняющих переменных; $y_i, i = \overline{1, n}$ – значения объясняемой переменной y ; $x_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, l}$ – значения объясняющих переменных x_1, x_2, \dots, x_l ; $\alpha_j, j = \overline{0, l}$ – неизвестные параметры; $\varepsilon_i, i = \overline{1, n}$ – ошибки аппроксимации.

Для построения множественной регрессии (1) использовались статистические данные за 2021 год по месяцам (таблица 2), полученные от сотрудников технического отдела станции Забайкальск для следующих переменных:

y – штрафы за простои, млн. руб;

x_1 – количество вагонов под перегрузку, ваг;

x_2 – простой вагонов КЖД, час;

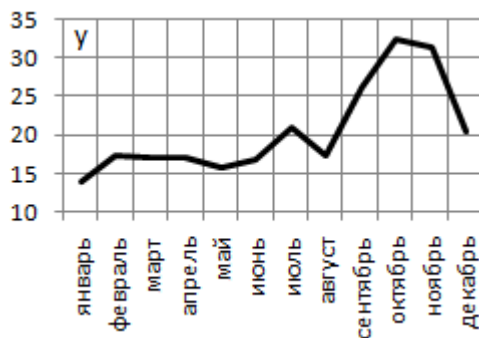
x_3 – проверка непредусмотренных технических условий (НТУ), чел-час.

Таблица 2

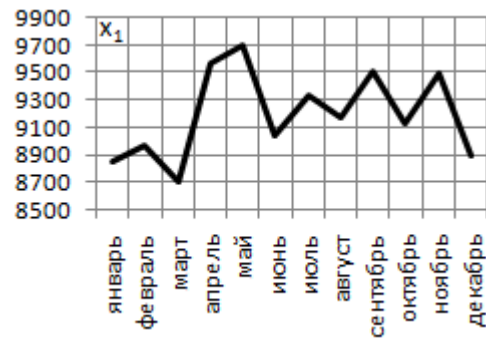
Статистические данные

Месяц	у	х ₁	х ₂	х ₃
1	2	3	4	5
Январь	13,832	8856	36,86	0,86
Февраль	17,219	8974	41,17	0,82
Март	16,997	8712	41,56	0,67
Апрель	17,025	9571	39,48	1,05
Май	15,568	9695	37,39	0,95
Июнь	16,702	9048	40,29	0,72
Июль	20,846	9330	44,98	0,68
Август	17,276	9170	40,75	0,71
Сентябрь	26,316	9500	51,45	0,86
Октябрь	32,532	9138	60,99	0,77
Ноябрь	31,540	9486	58,15	0,69
Декабрь	20,349	8900	45,61	1,01

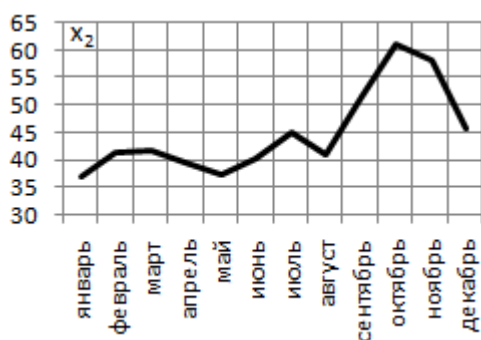
Графики временных рядов для каждой переменной приведены на рис. 2 (а) – (г).



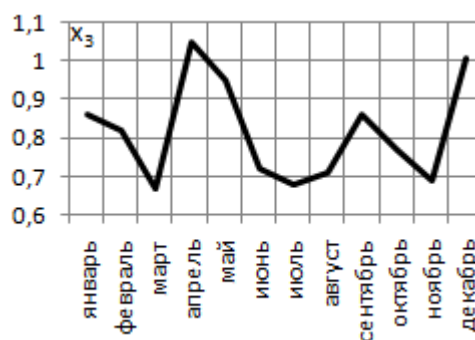
(а)



(б)



(B)



(Г)

Рис. 2. Графики временных рядов

Корреляционная матрица для переменных y , x_1 , x_2 и x_3 приведена в таблице 3.

Таблица 3

Корреляционная матрица

	y	x_1	x_2	x_3
y	1	0,2735	0,9949	-0,2560
x_1	0,2735	1	0,1775	0,2835
x_2	0,9949	0,1775	1	-0,2832
x_3	-0,2560	0,2835	-0,2832	1

По корреляционной матрице видно, что среди объясняющих переменных нет таких, которые бы сильно коррелировали между собой. Из этого следует, что во множественной регрессии будет отсутствовать эффект мультиколлинеарности. Переменная x_2 тесно коррелирует с y .

По данным из таблицы 2 с помощью эконометрического пакета Gretl было проведено МНК-оценивание множественной линейной регрессии. Результаты отражены на рис. 3.

Модель 1: МНК, использованы наблюдения 2021:01–2021:12 ($T = 12$)

Зависимая переменная: y

	Коэффициент	Ст. ошибка	t-статистика	P-значение	
const	-32,3625	1,38236	-23,41	1,18e-08	***
x1	0,00204521	0,000162706	12,57	1,50e-06	***
x2	0,767134	0,00647760	118,4	2,89e-014	***
x3	-0,453262	0,398516	-1,137	0,2883	
Среднее зав. перемен	20,51683	Ст. откл. зав. перемен	6,247421		
Сумма кв. остатков	0,196824	Ст. ошибка модели	0,156853		
R-квадрат	0,999542	Испр. R-квадрат	0,999370		
F(3, 8)	5814,157	P-значение (F)	1,09e-13		
Лог. правдоподобие	7,634863	Крит. Акаике	-7,269725		
Крит. Шварца	-5,330099	Крит. Хеннана-Куинна	-7,987844		
Параметр rho	-0,460443	Стат. Дарбина-Вотсона	2,722139		

Исключая константу, наибольшее p-значение получено для переменной 4 (x_3)

Рис. 3. Линейная регрессия с тремя переменными

По рис. 3 видно, что коэффициент детерминации $R^2 = 0,999542$, что говорит об очень высоком качестве модели. Однако переменная x_3 , судя по значению t-статистики (-1,137) и P-значению (0,2883), не оказывает значимого влияния на y . Поэтому переменная x_3 была

исключена, а переоцененная с помощью МНК линейная регрессия с двумя переменными представлена на рис. 4.

Модель 2: МНК, использованы наблюдения 2021:01–2021:12 (T = 12)
Зависимая переменная: y

	Коэффициент	Ст. ошибка	t-статистика	P-значение	
const	-32,2473	1,40095	-23,02	2,62e-09	***
x1	0,00197977	0,000154656	12,80	4,43e-07	***
x2	0,769738	0,00615772	125,0	6,82e-016	***
Среднее зав. перемен	20,51683	Ст. откл. зав. перемен	6,247421		
Сумма кв. остатков	0,228650	Ст. ошибка модели	0,159391		
R-квадрат	0,999467	Испр. R-квадрат	0,999349		
F(2, 9)	8445,072	P-значение (F)	1,86e-15		
Лог. правдоподобие	6,735542	Крит. Акаике	-7,471084		
Крит. Шварца	-6,016364	Крит. Хеннана-Куинна	-8,009673		
Параметр rho	-0,602181	Стат. Дарбина-Вотсона	2,905609		

Рис. 4. Линейная регрессия с двумя переменными

Результатам на рис. 4 можно сопоставить следующее регрессионное уравнение:

$$\tilde{y} = -32,2473 + 0,00198 x_1 + 0,77 x_2, \quad (2)$$

в котором под коэффициентами в скобках указаны наблюдаемые значения t-критерия Стьюдента. По значению коэффициента детерминации R^2 можно сделать вывод, что качество линейной регрессии (2) с двумя переменными практически не изменилось, по сравнению с моделью с тремя переменными. Но теперь обе переменные x_1 и x_2 оказывают значимое влияние на y . При этом степень влияния x_2 на y почти в 10 раз выше, чем x_1 на y .

Модель (2) можно интерпретировать следующим образом: с увеличением количества вагонов под перегруз x_1 на 1 вагон, штрафы за простои увеличиваются в среднем на 0,00198 млн. руб; с ростом простоя вагонов КЖД x_2 на 1 час, штрафы за простои увеличиваются в среднем на 0,77 млн. руб.

Заключение

В статье был проведен регрессионный анализ и оценена модель множественной линейной регрессии влияния простоев КЖД, количества вагонов под перегрузку и времени, затрачиваемого на проверку НТУ, на размер штрафов за простои. Подтверждена гипотеза о существенном влиянии переменных x_1 и x_2 на штрафы, которые находятся на ответственности ОАО «РЖД». Наблюдается тенденция роста размера штрафов из-за продолжительных простоев на станции, что в свою очередь ведёт к уходу клиентов.

Нужно рассмотреть вопрос применения всеми сторонами, участвующих в перевозочном процессе, на этапе зарождения перевозки, ее реализации, контроля и при участии всех заинтересованных сторон цифровых технологий – исключения бумажного документооборота при международных перевозках и создание единого центра с идентичными нормативно-правовыми требованиями для осуществления перевозки, заключения контрактов, что в свою очередь:

1. Сократит временные параметры, прохождение процедур согласования контролирующих органов;
2. Приведет к минимизации времени таможенных процедур на всем пути следования;
3. Установит единый порядок верификации электронной подписи.

Этот перспективный проект на практике позволит в онлайн-формате проводить мониторинг состояния вагонов и грузов, осуществлять «оцифровку» старых локомотивов, контролировать состояние и маршрут составов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яковлев П. Г. Глобальные тренды мировой логистики // Железные дороги мира. – 2018. – №. 12. – С. 19-25.
2. Кириллова А.Г. Современная логистика международных транспортных коридоров – основа прироста экспортных грузопотоков // Инновации транспорта. – 2019. – № 1 (35). – С. 10-13.
3. Эрлих Н.В., Эрлих А.В., Ефимова Т.Б., Папиловская Л.И. Информационные системы в сервисе оказания услуг при организации грузовых перевозок на железнодорожном транспорте: учеб.пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. – 213 с.
4. Раевский Н.В., Светлакова, Е.Н.Зубков, В.В. Раевская, П.Е.Раевская. Методы обработки информации: учебное пособие для практических занятий и самостоятельной работы по специальным дисциплинам для всех специальностей. – Чита: ЗаБИЖТ, 2018. – 91 с.
5. Вакуленко С.П., Голубев П.В., Копылов Е.В., Куликова Е.Б. Технология работы пограничных станций: учеб. пособие. – М.: ФГБОУ «Учебно – методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 300 с.
6. Arkes J. Regression analysis: a practical introduction. Routledge, 2019. – 362 p.
7. Westfall P.H., Arias A.L. Understanding regression analysis: a conditional distribution approach. Chapman and Hall/CRC, 2020. – 514 p.
8. Носков С.И. Технология моделирования объектов с нестабильным функционированием и неопределенностью в данных. – Иркутск: Облформпечать, 1996. – 321 с.
9. Носков С.И., Базилевский М.П. Построение регрессионных моделей с использованием аппарата линейно-булевого программирования. – Иркутск: ИрГУПС, 2018. – 176 с.
10. Базилевский М.П. Синтез модели парной линейной регрессии и простейшей EIV-модели // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7. – № 1 (24). – С. 170-182.
11. Базилевский М.П. Исследование двухфакторной модели полностью линейной регрессии // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7. – № 2 (25). – С. 80-96.
12. Базилевский М.П. Многофакторные модели полностью линейной регрессии без ограничений на соотношения дисперсий ошибок переменных // Информатика и её применения. – 2020. – Т. 14. – № 2. – С. 92-97.
13. Базилевский М.П. Метод выпрямления искаженных из-за мультиколлинеарности коэффициентов в регрессионных моделях // Информатика и её применения. – 2021. – Т. 15. – № 2. – С. 60-65.
14. Носков С.И. Метод смешанного оценивания параметров линейной регрессии: особенности применения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2021. – № 1. – С. 126-132.
15. Носков С.И., Перфильева К.С. Моделирование объема погрузки на железнодорожном транспорте методом смешанного оценивания // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 2. – С. 148-153.
16. Базилевский М.П., Носков С.И. Программный комплекс построения линейной регрессионной модели с учетом критерия согласованности поведения фактической и расчетной траекторий изменения значений объясняемой переменной // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – № 9 (128). – С. 37-44.
17. Носков С.И., Базилевский М.П. Множественное оценивание параметров и критерий согласованности поведения в регрессионном анализе // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. – № 4 (135). – С. 101-110.
18. Базилевский М.П. Сведение задачи отбора информативных регрессоров при оценивании линейной регрессионной модели по методу наименьших квадратов к задаче

частично-булевого линейного программирования // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 108-117.

19. Базилевский М.П. Отбор информативных регрессоров с учетом мультиколлинеарности между ними в регрессионных моделях как задача частично-булевого линейного программирования // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 2 (21). – С. 104-118.

20. Базилевский М.П. Отбор оптимального числа информативных регрессоров по скорректированному коэффициенту детерминации в регрессионных моделях как задача частично целочисленного линейного программирования // Прикладная математика и вопросы управления. – 2020. – № 2. – С. 41-54.

21. Базилевский М.П. Отбор значимых по критерию Стьюдента информативных регрессоров в оцениваемых с помощью МНК регрессионных моделях как задача частично-булевого линейного программирования // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2021. – № 3. – С. 5-16.

22. Базилевский М.П. Способ определения параметра М в задаче частично-булевого линейного программирования для отбора регрессоров в линейной регрессии // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 2. – С. 62-66.

REFERENCES

1. Yakovlev P. G. *Globalnie trendy mirovoi logistiki* ["Global trends in world logistics"]. // *Railways of the world*. – 2018. – № 12. – pp. 19-25.

2. Kirillova A.G. *Sovremennaya logistika mezhdunarodnykh transportnykh koridorov – osnova prirosta eksportnykh gruzopotokov* ["Modern logistics of international transport corridors – the basis for the growth of export cargo flows"]. // *Innovations of transport*. – 2019. – № 1 (35). – P. 10-13.;

3. Ehrlich N.V., Ehrlich A.V., Efimova T.B., Papirovskaia L.I. *Informatsionnye sistemy v service okazaniya uslyg pri organizatsii gruzovkh perevozok na geleznodorozhnykh transporte* [Information systems in the service of rendering services in the organization of freight transportation by rail]: textbook.manual. – M.: FSBI DPO "Educational and methodological center for education in railway transport", 2019. – 213 p.

4. Raevsky N.V., Svetlakova E.N. Zubkov V.V., Raevskaya P.E.: *Metody obrabotki informatsii* [Methods of information processing]: a textbook for practical training and independent work in special disciplines for all specialties. – Chita: Zabizht, 2018. – 91 p.

5. Vakulenko S.P., Golubev P.V., Kopylov E.V., Kulikova E.B. *textbook Teknologiya raboti s pogranichnyimi stantsiyami* [Technology of operation of border stations]: textbook manual. – M.: FGBOU "Educational and methodological center for education in railway transport", 2013. – 300 p

6. Arkes J. *Regression analysis: a practical introduction*. Routledge, 2019, 362 p.

7. Westfall P.H., Arias A.L. *Understanding regression analysis: a conditional distribution approach*. Chapman and Hall/CRC, 2020. – 514 p.

8. Noskov S.I. *Technology of modeling objects with unstable functioning and uncertainty in data*. – Irkutsk: Oblinformpechat, 1996. 321 p

9. Noskov S.I., Bazilevskiy M.P. *Postroenie regressiionnykh modeley s ispol'zovaniem apparata lineynno-bulevogo programmirovaniya* [Constructing regression models using the linear Boolean programming apparatus]. Irkutsk, IrGUPS, 2018. 176 p.

10. Bazilevskiy M.P. *Sintez modeli parnoy lineynoy regressii i prosteyshyey EIV-modeli* [Synthesis of linear regression model and EIV-model]. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii* [Modeling, optimization and information technologies]. 2019, vol. 7, no. 1 (24), pp. 170-182.

11. Bazilevskiy M.P. *Issledovanie dvukhfaktornoy modeli polnosvyaznoy lineynoy regressii* [Investigation of a two-factor fully connected linear regression model]. *Modelirovanie, optimizatsiya*

i informatsionnye tekhnologii [Modeling, optimization and information technologies]. 2019, vol. 7, no. 2 (25), pp. 80-96.

12. Bazilevskiy M.P. *Mnogofaktornye modeli polnosvyaznoy lineynoy regressii bez ogranicheniy na sootnosheniya dispersiy oshibok peremennykh* [Multifactor fully connected linear regression models without constraints to the ratios of variables errors variances]. *Informatika i ee primeneniya* [Informatics and Applications]. 2020, vol. 14, no. 2, pp. 92-97.

13. Bazilevskiy M.P. *Metod vypryamleniya iskazhennykh iz-za mul'tikollinearnosti koeffitsientov v regressionnykh modelyakh* [Method of straightening distorted due to multicollinearity coefficients in regression models]. *Informatika i ee primeneniya* [Informatics and Applications]. 2021, vol. 15, no. 2, pp. 60-65.

14. Noskov S.I. *Metod smeshannogo otsenivaniya parametrov lineynoy regressii: osobennosti primeneniya* [Method of mixed estimation of linear regression parameters: application features]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sistemnyy analiz i informatsionnye tekhnologii* [Proceedings of Voronezh State University. Series: system analysis and information technologies]. 2021, no. 1, pp. 126-132.

15. Noskov S.I., Perfileva K.S. *Modelirovanie ob"ema pogruzki na zheleznodorozhnom transporte metodom smeshannogo otsenivaniya* [Application of the mixed estimation method in modeling the loading volume in railway transport]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya Tula State University. Technical sciences]. 2021, no. 2, pp. 148-153.

16. Bazilevskiy M.P., Noskov S.I. *Programmnyy kompleks postroeniya lineynoy regressionnoy modeli s uchetom kriteriya soglasovannosti povedeniya fakticheskoy i raschetnoy traektoriy izmeneniya znacheniy ob"yasnyayemy peremennoy* [Program complex for linear regression model construction considering behavior consistency criterion of actual and calculated trajectories of explained variable value change]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [iPolytech Journal]. 2017, vol. 21, no. 9 (128), pp. 37-44.

17. Noskov S.I., Bazilevskiy M.P. *Mnozhestvennoe otsenivanie parametrov i kriteriy soglasovannosti povedeniya v regressionnom analize* [Multiple parameter estimation and behavior consistency criterion in regression analysis]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [iPolytech Journal]. 2018, vol. 22, no. 4 (135), pp. 101-110.

18. Bazilevskiy M.P. *Svedenie zadachi otbora informativnykh regressorov pri otsenivanii lineynoy regressionnoy modeli po metodu naimen'shikh kvadratov k zadache chastichno-bulevogo lineynogo programmirovaniya* [Reduction the problem of selecting informative regressors when estimating a linear regression model by the method of least squares to the problem of partial-Boolean linear programming]. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii* [Modeling, optimization and information technologies]. 2018, vol. 6, no. 1 (20), pp. 108-117.

19. Bazilevskiy M.P. *Otbor informativnykh regressorov s uchetom mul'tikollinearnosti mezhdu nimi v regressionnykh modelyakh kak zadacha chastichno-bulevogo lineynogo programmirovaniya* [Subset selection in regression models with considering multicollinearity as a task of mixed 0-1 integer linear programming]. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii* [Modeling, optimization and information technologies]. 2018, vol. 6, no. 2 (21), pp. 104-118.

20. Bazilevskiy M.P. *Otbor optimal'nogo chisla informativnykh regressorov po skorrektirovannomu koeffitsientu determinatsii v regressionnykh modelyakh kak zadacha chastichno tselochislennogo lineynogo programmirovaniya* [Selection an optimal number of variables in regression models using adjusted coefficient of determination as a mixed integer linear programming problem]. *Prikladnaya matematika i voprosy upravleniya* [Applied Mathematics and Control Sciences]. 2020, no. 2, pp. 41-54.

21. Bazilevskiy M.P. *Otbor znachimyykh po kriteriyu St'yudenta informativnykh regressorov v otsenivaemykh s pomoshch'yu MNK regressionnykh modelyakh kak zadacha chastichno-bulevogo lineynogo programmirovaniya* [Selection of informative regressors significant by Student's t-test in regression models estimated using OLS as a partial Boolean linear programming problem]. *Vestnik*

Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sistemnyy analiz i informatsionnye tekhnologii [Proceedings of Voronezh State University. Series: system analysis and information technologies]. 2021, no. 3, pp. 5-16.

22. Bazilevskiy M.P. *Sposob opredeleniya parametra M v zadache chastichno-bulevogo lineynogo programmirovaniya dlya otbora regressorov v lineynoy regressii* [Method for the M parameter determination in 0-1 mixed-integer linear programming problem for subset selection in linear regression]. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2022, vol. 25, no. 2, pp. 62-66.

Информация об авторах

Ойдопова Аяна Батовна – студентка 5 курса специальности «Эксплуатация железных дорог», факультета очного обучения Забайкальского института железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО ИргГУПС, г. Чита, e-mail: aoydopova11@mail.ru

Information about the authors

Ayana Oydopova – 5th year student of the specialty "Operation with railways", faculty of full-time study of the Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: aoydopova11@mail.ru