

Н. Н. Попова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

**Аннотация.** Описана технология обобщенного прогнозирования показателей перевозочного процесса железнодорожным транспортом. Для получения обобщенного прогноза предлагается использовать три значения прогнозируемого показателя с различными весами в соответствии с ожидаемыми экспертами сценариями развития перевозочного процесса. При нахождении весовых коэффициентов используется метод анализа иерархий. На основе описанной технологии создано программное обеспечение «Обобщенное прогнозирование». Проведена апробация программного обеспечения на данных перевозочного процесса Дальневосточной железной дороги.

**Ключевые слова:** грузооборот, регрессионный анализ, сценарный подход, точечные экспертные оценки.

N. N. Popova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

## FORECASTING SOFTWARE FOR INDICATORS OF THE TRANSPORTATION PROCESS IN RAILWAY TRANSPORT

**Abstract.** The technology of generalized forecasting of indicators of the transportation process by railway transport is described. To obtain a generalized forecast, it is proposed to use three values of the predicted indicator with different weights in accordance with the scenarios of the development of the transportation process expected by experts. When finding weight coefficients, the hierarchy analysis method is used. Based on the described technology, the software «Generalized Forecasting» was created. The software was tested on the data of the transportation process of the Far Eastern Railway.

**Keywords:** freight turnover, regression analysis, scenario approach, point expert assessments.

### Введение

Существует большое количество показателей, характеризующих перевозочный процесс железнодорожным транспортом [3, 6]. В качестве основных можно выделить грузооборот и погрузку грузов. При принятии управленческих решений важно иметь представление об ожидаемых изменениях этих показателей. В современных условиях решение задач прогнозирования сложно представить без применения информационных технологий. Разработка и совершенствование алгоритмического и программного обеспечения для прогнозирования основных показателей перевозочного процесса железнодорожным транспортом призваны повысить эффективность управленческой деятельности [1, 4].

### Технология обобщенного прогнозирования показателей перевозочного процесса

Технология обобщенного прогнозирования представлена в виде блок-схемы на рис. 1.

Для осуществления обобщенного прогнозирования по представленной технологии необходимо подготовить статистическую информацию, описывающую перевозочный процесс за имеющийся период времени. Определить основной показатель и влияющие факторы.

Влияющие факторы проходят проверку на коррелированность между собой в соответствии с условием [2]:

$$|r_{x_i, x_j}| > (0,7 - 0,8). \quad (1)$$

В результате часть влияющих факторов может быть исключена из дальнейшего рассмотрения.

Оставшиеся существенные факторы участвуют в регрессионном анализе, в ходе которого выявляются наиболее значимые факторы и определяется основная адекватная прогнозная модель [2].

Особенностью предлагаемой технологии является использование информации, полученной от практиков-экспертов в рассматриваемой предметной области, в виде прогнозируемых сценариев развития перевозочного процесса и точечных оценок основного показателя и каждого значимого фактора. Причем точечные оценки требуется предоставить для двух вариантов развития перевозочного процесса в сторону увеличения и уменьшения значений основного показателя и значимых факторов по сравнению с годом, предшествующим году прогнозирования.

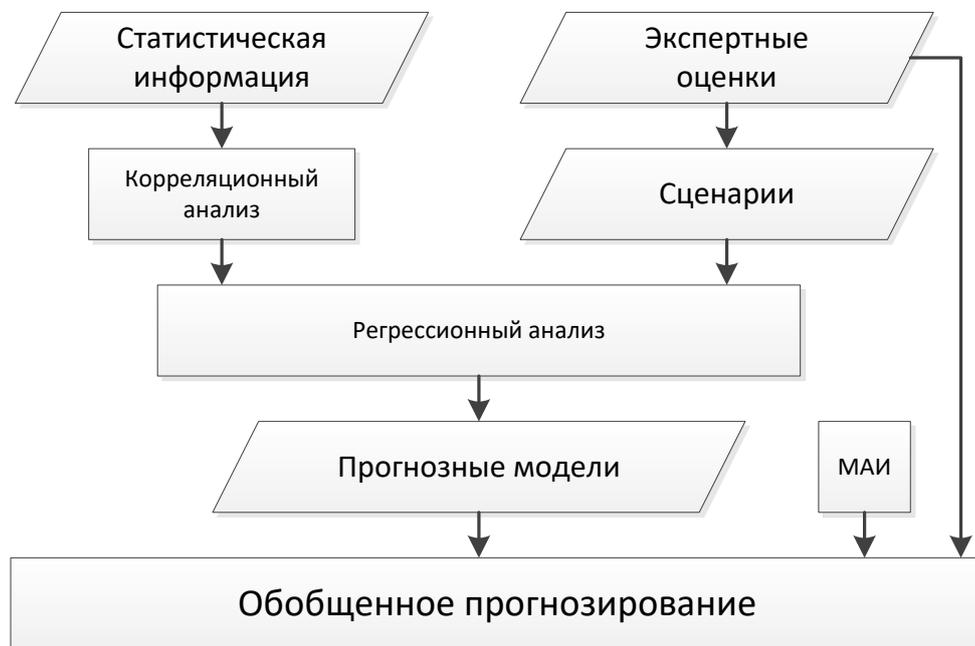


Рис. 1 Технология обобщенного прогнозирования

Далее для основного показателя и каждого значимого фактора подбирается модель тренда без включения экспертных оценок и с включением. При выборе рекомендуются следующие функции:

- линейная;
- парабола второй степени;
- парабола третьей степени;
- экспонента;
- степенная.

Параметры выбранных функций определяются с использованием МНК.

Проверка качества полученных прогнозных моделей и коэффициентов осуществляется с помощью  $F$ -статистики и  $t$ -статистики соответственно.

Имея прогнозные модели и возможные сценарии развития перевозочного процесса, можно произвести обобщенное прогнозирование по линейной свертке вида:

$$g_c = \sum_{j=1}^3 w_j \cdot g_j, \quad (2)$$

где  $g_1$  – прогнозное значение показателя на указанный год по выбранному сценарию с использованием многофакторной модели;  $g_2$  – прогнозное значение показателя на указанный год по трендовой модели;  $g_3$  – экспертное прогнозное значение показателя на указанный год по выбранному сценарию;  $w_j$  – весовые коэффициенты, учитывающие значимость перечисленных прогнозных моделей и значений показателя.

Нахождение весовых коэффициентов предлагается осуществлять с помощью метода анализа иерархий [7]. Экспертами предоставляется матрица суждений о значимости каждой полученной прогнозный модели  $A(a_{ij}), i, j = 1, \dots, n..$  Применяя методы матричной алгебры, формируются весовые коэффициенты, и определяется индекс согласованности.

## Программное обеспечение обобщенного прогнозирования показателей перевозочного процесса

Предлагаемая технология обобщенного прогнозирования реализована в виде программного обеспечения «Обобщенное прогнозирование», которое разработано с использованием языка программирования Visual Basic for Applications, предназначенного для работы с программами пакета Microsoft Office.

Вычисления выполнены с использованием программного пакета Maple. Maple ориентирован на сложные математические вычисления, визуализацию данных и моделирование. В стандартный пакет Maple входит специальная надстройка Maple Excel Add-in для работы с Excel. Надстройка в Excel – это набор специальных утилит, которые становятся доступными после выполнения определенных действий, направленных на подключение надстройки.

Кроме надстройки Maple Excel Add-in, использована надстройка «Анализ данных», которая позволяет выполнить анализ, указав входные данные и выбрав параметры. Расчет выполняется с использованием подходящей статистической или инженерной макрофункции, а результат помещается в выходной диапазон.

### Апробация технологии обобщенного прогнозирования

Окно программы обобщенного прогнозирования представлено на рис. 2. Пользователь выбирает прогнозируемый показатель, указывает оценки прогнозируемого показателя, предоставленные экспертами, с учетом уменьшения и увеличения значения грузооборота по сравнению с предыдущим годом, и год, на который необходимо получить прогноз.

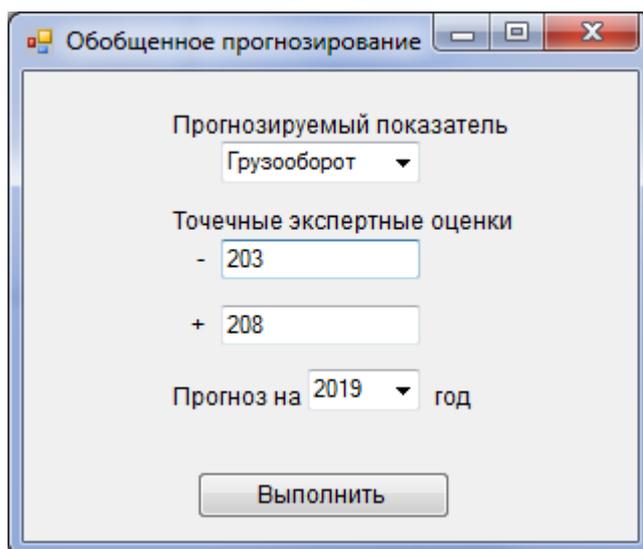
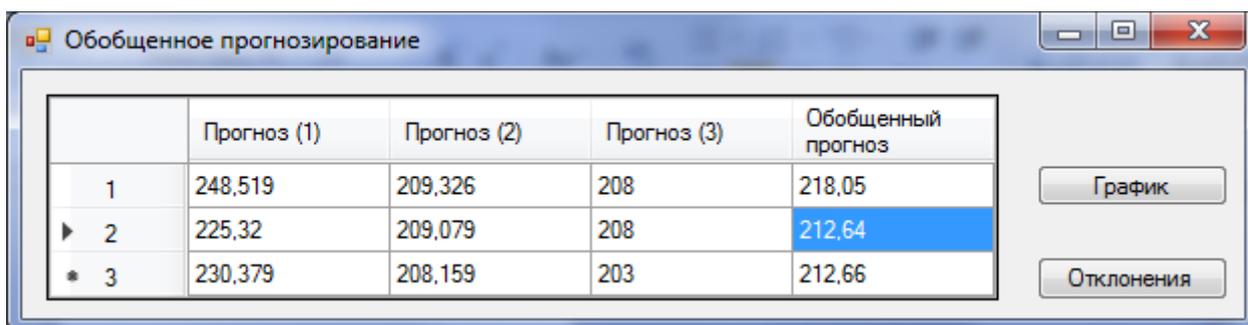


Рис. 2. Окно программы прогнозирования

Апробация технологии обобщенного прогнозирования и программного обеспечения проведена на основе статистических и экспертных данных, описывающих перевозочный процесс на Дальневосточной железной дороге [4-6]. На рис. 3 представлен результат работы программы, где в столбце «Обобщенный прогноз» отображаются прогнозируемые значения грузооборота на 2019 год по трем сценариям.



	Прогноз (1)	Прогноз (2)	Прогноз (3)	Обобщенный прогноз
1	248,519	209,326	208	218,05
▶ 2	225,32	209,079	208	212,64
* 3	230,379	208,159	203	212,66

### Рис. 3. Окно результатов прогнозирования

С помощью кнопок «График» и «Отклонения» можно увидеть соответствующие графики и относительные отклонения расчетных и наблюдаемых значений прогнозируемых показателей.

#### Заключение

Технология обобщенного прогнозирования показателей перевозочного процесса железнодорожным транспортом успешно апробирована. Показана хорошая практическая точность по нескольким сценариям. Сценарий прогнозирования грузооборота с включением точечных экспертных оценок оказался наиболее близким к фактическому значению грузооборота на ДВЖД в 2019 году.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краковский Ю.М., Каргапольцев С.К., Начигин В.А. Моделирование перевозочного процесса железнодорожным транспортом: анализ, прогнозирование, риски; [под ред. проф. Ю.М. Краковского]. Санкт-Петербург: «ЛИТЕО», 2018. 240 с.
2. Носко В.П. Эконометрика. М: Издательский дом «Дело», РАНХиГС, 2011. Кн.1. 672 с.
3. Осминин А.Т., Мехедов М.И., Медников Д.В. Обеспечение интероперабельности перевозок // Железнодорожный транспорт. 2019. № 7. С. 11–17.
4. Попова Н.Н. Методика обобщенного прогнозирования показателей грузовых перевозок // Коммуникационные технологии: социально-экономические и информационные аспекты: Всероссийская молодежная науч.-практ. конф. (Иркутск, 15 апреля 2020 г.): материалы. 2020. С. 26–29.
5. Попова Н.Н., Краковский Ю.М. Многофакторное прогнозирование грузооборота по данным Дальневосточной железной дороги // Материалы Десятой Международной научно-практической конференции «Транспортная инфраструктура Сибирского региона». 2019. С. 337–341.
6. Попова Н.Н., Краковский Ю.М., Обобщенное прогнозирование показателей грузовых перевозок железнодорожным транспортом на основе сценарного подхода // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2020. №3. С. 123–138.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.

### REFERENCES

1. Krakovsky Y.M., Kargapol'cev S.K., Nachigin V.A. Modelirovanie perevozochnogo processa zheleznodorozhnym transportom: analiz, prognozirovanie, riski; [pod red. prof. Y.M. Krakovskogo] [Modeling of the railway transportation process: analysis, forecasting, risks] [Ed. by Y. M. Krakovsky]. St. Petersburg: «LITEO», 2018. 240 p.
2. Nosko V.P. Ekonometrika [Econometrics]. M: Izdatel'skij dom «Delo», RANHiGS, 2011. Book.1. 672 p.
3. Os'minin A.T., Mekhedov M.I., Mednikov D.V. Obespechenie interoperabel'nosti perevozok [Ensure interoperability of traffic]. *Zheleznodorozhnyj transport [Railway transport]*, 2019, No 7, pp. 11–17.
4. Popova N.N. Metodika obobshchennogo prognozirovaniya pokazatelej gruzovyh perevozok [The Methodology for generalized forecasting of freight traffic indicators]. *Kommunikacionnye tekhnologii: social'no-ekonomicheskie i informacionnye aspekty: Vserossijskaya molodezhnaya nauch.-prakt. konf. (Irkutsk, 15 aprelya 2020 g.): materialy, 2020, pp. 26–29.*
5. Popova N.N., Krakovsky Y.M. Mnogofaktornoe prognozirovanie gruzooborota po dannym Dal'nevostochnoj zheleznoj dorogi [Multifactor forecasting of freight turnover according to Far Eastern Railway]. *Materialy Desyatoj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona» [Materials of the Tenth International Scientific and Practical Conference "Transport infrastructure of the Siberian region"]*, 2019, pp. 337–341.

6. Popova N.N., Krakovsky Y.M. Obobshchennoe prognozirovaniye pokazatelej gruzovyh perevozok zheleznodorozhnym transportom na osnove scenarnogo podhoda [The generalized forecasting of freight transport indicators by rail based on scenario method]. Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya, 2020, No 3, pp. 123–138.

7. Saati T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij. [Decision-making. Analytic hierarchy process]. M.: Radio i svyaz', 1993, 320 p.

### **Информация об авторе**

*Попова Наталья Николаевна* – аспирант, кафедра «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: natalyanpopova@yandex.ru

### **Authors**

*Popova Natal'ya Nikolaevna* - PhD student, chair «Information Systems and Information Security», Irkutsk State Transport University (ISTU), Irkutsk, e-mail: natalyanpopova @yandex.ru

### **Для цитирования**

Попова Н. Н. Программное обеспечение прогнозирования показателей перевозочного процесса железнодорожным транспортом [Электронный ресурс] / Н. Н. Попова //: электрон. науч. журн. — 2020. —

### **For citation**

Popova N.N. *Software of forecasting of indicators of the transportation process by railway transport*

### **Для цитирования**

Попова Н. Н. Программное обеспечение прогнозирования показателей перевозочного процесса железнодорожным транспортом [Электронный ресурс] / Н. Н. Попова // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2021. – №1(11). – Режим доступа: <http://mnv.irkups.ru/toma/111-2021>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 20.04.2021)

### **For citation**

Popova N.N. Programmnoye obespecheniye prognozirovaniya pokazatelej perevochnogo processa zheleznodorozhnym transportom [*Forecasting software for indicators of the transportation process in railway transport*]. *The electronic scientific journal "Young science of Siberia"*, 2021, no.1(11). [Accessed 20/04/2021]