

Гозбенко Валерий Ерофеевич

д-р техн. наук, профессор

Громышова Светлана Сергеевна

ассистент

Белоголов Юрий Игоревич

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный

университет путей сообщения»

г. Иркутск, Иркутская область

ИССЛЕДОВАНИЕ ВХОДЯЩЕГО ПОЕЗДОПОТОКА НА СОРТИРОВОЧНУЮ СТАНЦИЮ МЕТОДОМ ИНТЕРВАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

***Аннотация:** сортировочные станции занимают ключевое место в организации транспортных потоков на железных дорогах России. В этой связи актуальность приобретает вопрос о прогнозировании существующих потоков и оптимизации работы сортировочной станции путем проведения компьютерного эксперимента. В данной статье рассмотрена существующая статистика входящего поездопотока, по которой построен прогноз входящих потоков на начало нового месяца. Проведены численные расчеты, показавшие применимость предложенного подхода для работы сортировочных станций.*

***Ключевые слова:** железнодорожная сортировочная станция, интервальное прогнозирование, входящий поездопоток, анализ, статистика.*

Сортировочные станции (далее – СС) предназначены главным образом для массовой переработки вагонопотоков, т.е. расформирования и формирования грузовых поездов в соответствии с действующим планом формирования поездов. На СС перерабатывают транзитные и местные вагонопотоки, формируют сквозные, участковые и сборные поезда на примыкающие линии.

Интервальное прогнозирование (далее – ИП) в большей мере отвечает понятию прогнозирования, так как изначально предполагает вероятность ошибки.

При интервальной оценке прогноза вначале рассчитывается наиболее вероятное прогнозное значение, затем величина возможного отклонения от прогноза. Исследованием и реализацией данного метода занимались: А.Н. Лузгин, А.Ч. Здорова, А.В. Овсянников, В.Н. Хомяков, Ю.М. Краковский.

Рассмотрим реализацию метода ИП на примере СС, используя статистические данные по входящему поездопотоку, изложенной в табл. 1.

Таблица 1

Статистика входящего поездопотока

Число	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Поезда	21	22	21	22	22	21	23	22	23	22	23	24	22	23	23
Число	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Поезда	25	23	25	24	25	26	26	27	26	25	27	26	27	27	28

По статистическим данным видно, что поездопоток на СС равномерно возрастающий, и данный метод ИП хорошо подходит для исследования будущего прогнозного потока на начало следующего месяца.

Далее на рис. 1 представлена динамика входящего поездопотока, построенная по данным табл. 1 с линией тренда линейного типа построенной на 3 дня вперёд, представляющей собой геометрическое отображение средних значений анализируемых показателей, полученное с помощью математической функции. В рассматриваемом примере достигнуто хорошее качество трендовой модели: $R^2 = 0,88323 > 0,81$.

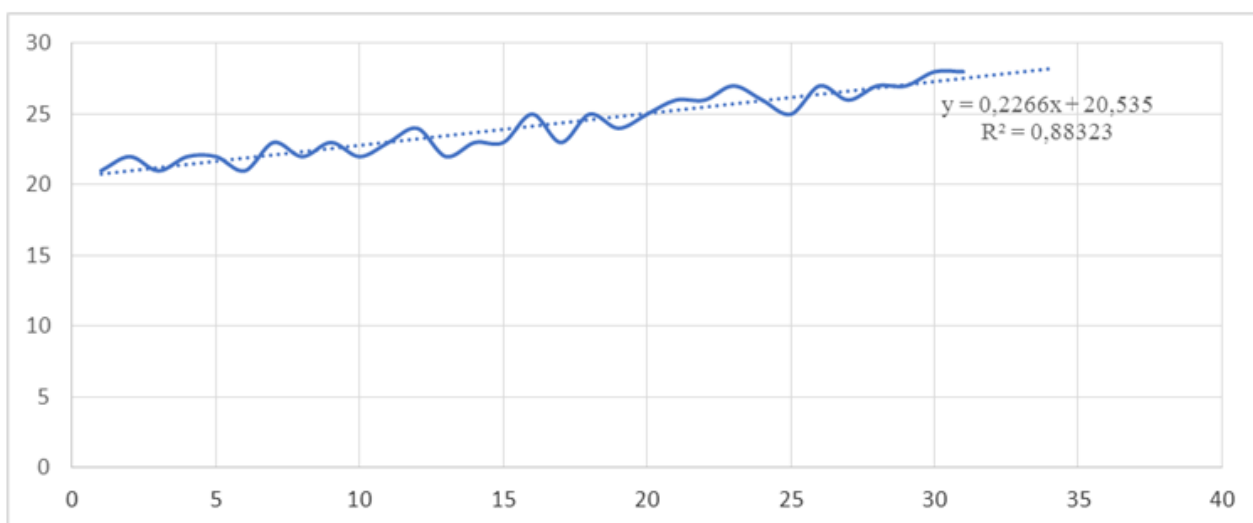


Рис. 1. Динамика ежедневного поступления поездов

Для расчёта прогнозных числовых данных воспользуемся полученным уравнением тренда: $y = 0,2266 \cdot x + 20,535$, где x – количество поездов в день. Полученные данные сведём в табл.2.

Таблица 2

Прогнозный входящий поездопоток

Число	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Поезда	21	22	21	22	22	21	23	22	23	22	23	24	22	23	23
$y(x)$	25,3	25,5	25,3	25,5	25,5	25,3	25,7	25,5	25,7	25,5	25,7	25,9	25,5	25,7	25,7
Число	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Поезда	25	23	25	24	25	26	26	27	26	25	27	26	27	27	28
$y(x)$	26,2	25,7	26,2	25,9	26,2	26,4	26,4	26,6	26,4	26,2	26,6	26,4	26,6	26,6	26,9

Таким образом, учитывая тенденцию прогноза, получим количество входящих поездов на станцию в первый день – 26.8 п-да, второй – 27.1, третий 27.7.

По формуле 1 рассчитаем среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y_i - y_{pi})^2}{n-p}}, \quad (1)$$

где $\sum (y_i - y_{pi})^2$ – разность квадратов фактического и прогнозного потоков, n – количество интервалов наблюдения (равное 31) p – количество параметров уравнения тренда (равное 2). Получим $\sigma = 2,57$.

Средняя ошибка тренда m зависит от номера интервала прогнозирования. Середина интервала наблюдения соответствует 15-му дню, тогда номер интервала прогноза t_k , считая от середины интервала наблюдения, составит: $t_{15} = 15$, $t_{16} = 16$, $t_{17} = 17$.

Для расчёта ошибки прогноза Δy необходимо найти величину t – критерия Стьюдента при помощи функции =СТЮДРАСПОБР (вероятность; степени свободы) в программе Excel, при вероятности 90% и числе степеней свободы $n-p = 29$, получим $t = 1,69912$. Ошибку прогноза рассчитаем по формуле (2)

$$\Delta y = \sqrt{\sigma^2 + (t \cdot m)^2}, \quad (2)$$

Получим значения ошибки прогноза Δy для первого, и двух последующих дней – 3.78, 3.9, 4.02, соответственно.

После проведённых расчётов необходимо определить интервал прогноза по формуле 3

$$y_{pi} \pm \Delta y, \quad (3)$$

Интервал прогноза составит:

- первый день: от 23,1 до 30,6 поезда;
- второй: от 23,1 до 31 поезда;
- третий: от 22,7 до 30,78 поезда.

Получается, что с вероятностью в 90% число поступающих поездов будет варьироваться в интервале указанных выше, соответственно для каждого дня.

Полученная математическая модель имеет $R^2 = 0,8 > 0,7$, что свидетельствует о качественно полученного регрессионного уравнения. Модель показывает, что динамика ежедневного поступления поездов хорошо аппроксимируется линейным приближением, что позволяет сделать вывод об увеличении в краткосрочный и долгосрочной перспективе этого показателя, поэтому актуальность исследования динамики ежедневного поступления поездов достаточно высока и требует дальнейших специальных исследований.

Список литературы

1. Железнодорожные станции и узлы: Учебник / В.И. Апатцев [и др.]; под ред. В.И. Апатцева и Ю.И. Ефименко. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 855 с.
2. Здорова А.Ч. Обзор методов прогнозирования объемов грузовых перевозок // Проектирование развития региональной сети железных дорог. – 2017. – №5. – С. 126–133.
3. Краковский Ю.М. Интервальное прогнозирование нестационарных динамических показателей на основе модели вероятностной нейронной сети / Ю.М. Краковский, А.Н. Лузгин // Научная мысль. – 2016. – №1. – С. 116–122.

4. Овсянников А.В. Интервальное прогнозирование нестационарных процессов, описываемых стохастическими дифференциальными уравнениями с переменными параметрами // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2013. – №4 (74). – С. 43–49.

5. Хомяков В.Н. Интервальное прогнозирование системы экономических показателей с помощью комплексного статистического метода // Вестник Тульского филиала Финуниверситета. – 2016. – №1. – С. 304–311.