

```

from sklearn.neighbors import KNeighborsRegressor as KNR
knr = KNR(n_neighbors=10)
knr.fit(years, y_new)
knr_df = pd.DataFrame()
knr_df['Actual'] = list(y_new[:5])
y_pred = knr.predict(x_fut)
knr_df['Predicted'] = y_pred
knr_df['Difference'] = y_pred - y_new[5,:]
knr_df.to_excel('KNR.xls', index=False)
plot(x_fut, y_pred, 'rx-', 'KNN')

```

Рисунок 3 – Псевдокод алгоритма регрессионного теста KNN

```

Console 1/A x
300/300 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.3088 - mae: 0.0347 - accuracy: 0.8925
Epoch 96/100
300/300 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.3079 - mae: 0.0346 - accuracy: 0.8927
Epoch 97/100
300/300 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.3070 - mae: 0.0345 - accuracy: 0.8927
Epoch 98/100
300/300 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.3061 - mae: 0.0344 - accuracy: 0.8937
Epoch 99/100
300/300 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.3053 - mae: 0.0343 - accuracy: 0.8933
Epoch 100/100
300/300 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.3046 - mae: 0.0342 - accuracy: 0.8935
313/313 [=====] - 1s 2ms/step - loss: 0.3644 - mae: 0.0381 - accuracy: 0.8695
Процент верных ответов на тестовых данных: 86.95

```

Рисунок 4 – Результат работы ИНС

Таким образом, применение различных методов прогнозирования и предотвращения нарушений правил пользования средствами железнодорожного, автомобильного и водного транспорта позволит идентифицировать человека, нарушающего правила пользования объектами транспортной системы, а также составить статистику, позволяющую заранее спрогнозировать опасные участки транспортной инфраструктуры и предотвратить правонарушения.

Список литературы

- 1 **Mohri, M.** Foundations of machine learning / M. Mohri, A. Rostamizadeh, A. Talwalkar. – Cambridge, MA : The MIT Press, 2018 – 488 p.
- 2 **Давыдов, Ю. В.** Анализ способов построения гибридных интеллектуальных систем на основе приближенных множеств и искусственных нейронных сетей / Ю. В. Давыдов, М. А. Бутакова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России : сб. науч. тр. Всерос. нац. науч.-практ. конф. ТрансПромЭк-2018. – Ростов н/Д, 2018. – Т. 1. Технические науки. – С. 29–33.
- 3 **Шумский, С. А.** Машинный интеллект. Очерки по теории машинного обучения и искусственного интеллекта / С. А. Шумский. – М. : РИОР, 2019. – 340 с.

УДК 656.2.08

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

В. Я. НЕГРЕЙ, Д. В. КОЗЛОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Стратегической задачей развития железнодорожного транспорта является повышение безопасности и энергоэффективности перевозочного процесса.

В настоящее время для оценки безопасности работы железнодорожного транспорта отсутствуют эталонные показатели, относительно слабо исследовано взаимодействие энергетической эффективности и безопасности [1]. Например, срыв стоп-крана, экстренное торможение, задержка поезда у запрещающих сигналов, неграфиковые остановки поездов, опоздание пассажирских поездов, предупреждение и ограничения скорости, повреждение вагонов на сортировочных, участковых и грузовых станциях и другие примеры негативно сказываются на уровне безопасности и энергоэффективности перевозочного процесса.

Массовый характер носит ограничение скорости движения грузовых поездов. В статье показано, что процесс движения поездов по участку при ограничении носит логико-вероятностный характер [2]. Исследования показали, что колебания продолжительности реакции машинистов и продолжительности срабатывания тормозов, а также в значительной мере случайный характер коэффициента сцепления необходимо учитывать при выборе длины ограничения и обеспечения безопасности движения.

Ряд ситуаций с высоким уровнем опасности: срыв стоп-крана, экстренное торможение, опасные соударения вагонов при расформировании-формировании поездов, скрытые повреждения подвижного состава при выполнении погрузочно-разгрузочных работ и другие причины – снижают энергоэффективность перевозочного процесса. Другими словами, снижение уровня безопасности приводит к существенным энергетическим и материальным потерям. Поэтому учёт влияния безопасности перевозочного процесса позволяет существенно повысить энергоэффективность работы транспорта.

При срыве стоп-крана, экстренном торможении и других опасных ситуациях, требующих снижения скорости, прямые потери энергии

$$R = 4,17(m_{л} + m_{с})(v_1^2 - v_2^2) \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

где $m_{л}$ – масса локомотива, т; $m_{с}$ – масса состава т; v_1, v_2 – скорости в начале и в конце торможения соответственно, км/ч.

Экстренное торможение вызывает, по сравнению со срывом стоп-крана, гораздо бóльшие затраты энергии.

Количество срывов стоп-крана на случай экстренного торможения носит вероятностный характер [3] и с достаточной для практики расчетов точностью описывается нормальным законом распределения

$$P(Z) = \frac{1}{\sigma_Z \sqrt{2\pi}} \exp - \frac{(Z - \bar{Z})^2}{2\sigma_Z^2}, \quad (2)$$

где Z – количество срывов стоп-крана или случаев экстренного торможения; \bar{Z} – математическое ожидание количества срывов или экстренного торможения; σ_Z – среднеквадратическое отклонение случайной величины Z .

При высоком уровне количества срывов или экстренного торможения прямые потери топлива

$$B^{\max} = \bar{B} + 3\sigma_T, \quad (3)$$

где \bar{B} – математическое ожидание прямых потерь топлива (энергии) в течение года; σ_T – среднеквадратическое отклонение потерь топлива (энергии),

$$\sigma_T = \beta \sqrt{\lambda_Z L_c}, \quad (4)$$

где β – коэффициент, учитывающий влияние системы управления на количество опасных случаев ($\beta = 0,6 \dots 0,7$); L_c – длина эксплуатируемой сети железной дороги, км; λ_Z – интенсивность опасных случаев (срыв стоп-крана или экстренное торможение), ед./км.

Для средних условий, например, количество срыва стоп-крана $\lambda_{ск} = 0,12 \dots 0,17$ ед./км.

Если $L_c = 5500$ км, км, а $\lambda_{ск} = 0,15$, то

$$\sigma_c = 0,7 \sqrt{0,15 \cdot 5500} = 20,1.$$

Срыв стоп-крана вызывает потери топлива (средние условия) 15–20 кг. Для анализируемого в статье полигона сети $\bar{B}_{ск} = 13035$ кг, а $B^{\max} = 13035 + 3 \cdot 20,1 \cdot 15,8 = 13988$ кг ≈ 14 т.

Таким образом, используя приведённые в статье методики можно получить оценку энергетических потерь при различных опасных случаях, повысить энергоэффективность и безопасность перевозочного процесса.

Список литературы

1 Негрей, В. Я. Энергоэффективность перевозочного процесса / В. Я. Негрей // Тихомировские чтения: Синергия технологии перевозочного процесса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ. – 2019. – С. 29–32.

2 Негрей, В. Я. Логико-вероятностный метод в оценке безопасности транспортных систем / В. Я. Негрей, С. А. Пожидаев // Проблемы безопасности на транспорте : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 48–49.

3 Винтцель, Е. С. Исследование операций / Е. С. Винтцель. – М. : Советское радио, 1972. – 552 с.

УДК 656.212.5.08

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

В. Я. НЕГРЕЙ, С. А. ПОЖИДАЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время в БелГУТе по заказу ГО «Белорусская железная дорога» завершается разработка и согласование проекта нормативного технического документа СТП «Правила и нормы про-