

А.Д. Тепляков<sup>1</sup>, В.Д. Фокин<sup>1</sup>, Е.С. Ильин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения» (КрИЖТ ИрГУПС), г. Красноярск, Российская Федерация

## ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ПОД ANDROID ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕЛЕЖКИ ВАГОНА

**Аннотация.** Проанализирована возможность использования мобильных платформ для запуска систем идентификации объектов транспорта на примере определения основных конструктивных элементов тележки пассажирского вагона, применена технология *Transfer Learning* для оптимизации ресурсов на обучение нейронной сети, реализовано программное обеспечение идентификации элементов тележки, проверена ее работоспособность на реальных объектах, определены возможности и перспективы применения обученной нейросети в интересах образования и железнодорожной отрасли.

**Ключевые слова:** сверточная нейронная сеть, искусственный интеллект, информационные технологии, *Transfer Learning*.

A.D. Teplyakov<sup>1</sup>, V.D. Fokin<sup>1</sup>, E.S. Ilyin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Krasnoyarsk Railway Transport Institute, branch of Irkutsk State Transport University, Krasnoyarsk, the Russian Federation

## EXPERIENCE IN DEVELOPING THE PROGRAM FOR ANDROID FOR IDENTIFICATION OF ELEMENTS OF THE WAGON BARROW

**Abstract.** The possibility of using mobile platforms to launch systems for identifying transport objects is analyzed by the example of determining the main structural elements of a passenger car trolley, *Transfer Learning* technology is used to optimize resources for training a neural network, software for identifying trolley elements is implemented, its operability is tested on real objects, and the possibilities and prospects for using a trained neural network in the interests of education and the railway industry are determined.

**Keywords:** convolutional neural network, artificial intelligence, information technology, *Transfer Learning*.

### Введение

Рост вычислительных возможностей гаджетов, реализация поддержки в настольных ПК и мобильных устройствах на уровне процессора [1] ускорения вычислений для задач искусственного интеллекта [2] определяет возможность и актуальность разработки программного обеспечения способного идентифицировать отдельные элементы технических устройств непосредственно на мобильном устройстве в интересах образования и промышленности [3].

Компания ОАО «РЖД» реализует проект «Цифровая железная дорога». Его цель – повышение качества предоставляемых услуг и улучшение показателей хозяйственной деятельности за счёт применения цифровых технологий. Примером таких решений может служить распознавание рукописных цифр [4], дорожных знаков [5, 6], принципиальных и монтажных схем [7], железнодорожного полотна [8], сигнальных знаков на железнодорожном транспорте [9, 10]. Решение поставленной в данной статье задачи соответствует заявленным целям проекта цифровой трансформации транспортной отрасли [11].

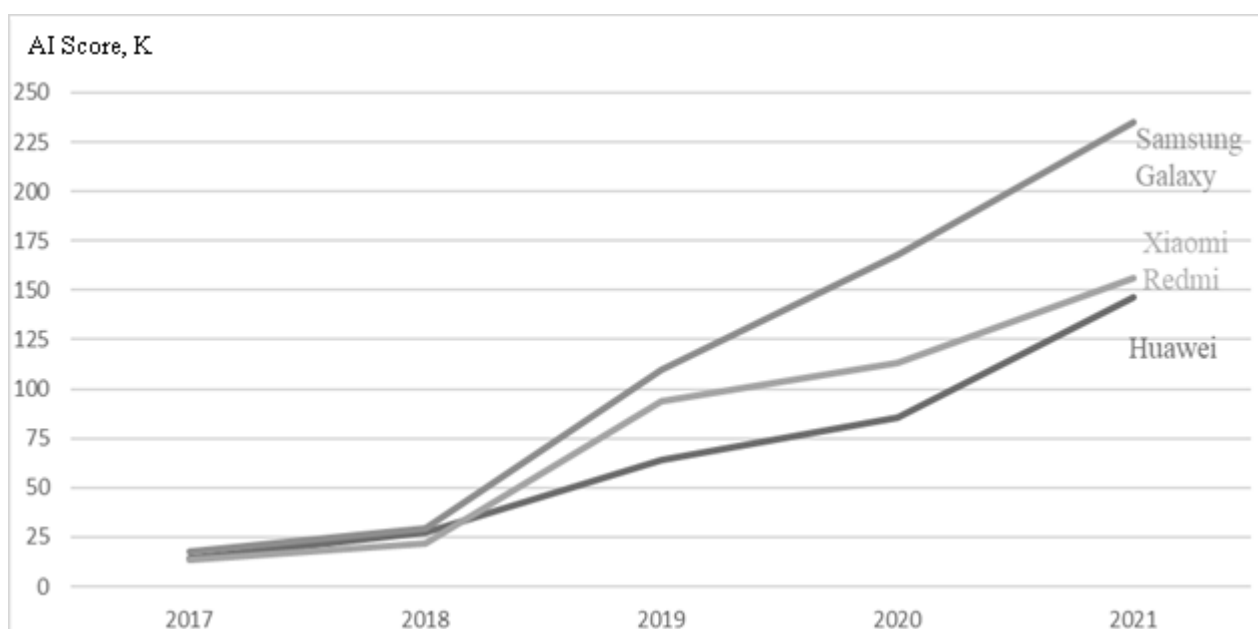
Добавим, что в век информационных технологий у каждого есть свой собственный гаджет, применение которому мы с легкостью находим в нашей повседневной жизни. Для кого-то это способ развлечения, а для кого-то – инструмент, позволяющий в любой момент решить насущную задачу. Так почему же не применить этот полезный «инструмент» для автоматизации технологических операций, внедрить на производство, тем самым разгрузить значительную часть «внутрицеховых» проблем. Целью проведенного исследования стало определение возможности создания на базе мобильной платформы интеллектуальной системы,

реализующей функцию визуальной идентификации отдельных элементов тележки пассажирского вагона. Данный функционал востребован как для внедрения в учебный процесс, так и для использования на производстве.

#### **Анализ производительности гаджетов**

В последние годы мобильные приложения, реализующие отдельные функции искусственного интеллекта, становятся все более и более распространенными. Различные модели глубокого обучения находят свое применение на мобильных устройствах, для решения задач с портретной сегментацией, улучшения изображений, распознавания лиц и обработки естественного языка, на платах для смарт-ТВ, реализующих алгоритмы сверхвысокого разрешения изображения. Производительность мобильных NPU и DSP также резко возрастает, что позволяет запускать сложные модели глубокого обучения и обеспечивать приемлемую скорость выполнения большинства задач.

Анализ роста производительности искусственного интеллекта на смартфонах отдельных известных производителей по версии бенчмарка «AI-Benchmark» (Рисунок 1) говорит о десятикратном росте производительности менее чем за 5 лет, тренд на активное использование аппаратного ускорения справедлив практически для всех производителей мобильных устройств.



**Рис. 1. Диаграмма анализа производительности нескольких популярных гаджетов**

На основе диаграммы можно сделать вывод, что тренд на рост производительности гаджетов имеет долгосрочную перспективу, что дает уверенность в усилении роли мобильных реализаций искусственного интеллекта для решения задач повышения качества усвоения учебного материала и автоматизации технологических операций производственной деятельности.

#### **Использование подхода Transfer Learning для ускорения обучения нейронной сети на примерах отдельных элементов тележки вагона**

Transfer Learning – метод, который использует передаваемые знания из ранее обученной модели нейронной сети и уточняет их, используя данные, доступные для конкретной задачи. Данный принцип, в некоторой степени, похож на использование навыков, которым научился сотрудник на предыдущей работе, на новом рабочем месте.

Для моделей глубоких нейронных сетей подход заключается в использовании базовой модели, которая уже обучена и справляется на достаточно высоком уровне с некоторыми общими задачами, такими как классификация подаваемых на вход изображений на, например, тысячу различных классов. Достаточно удалить последний слой классификатора, подобрать собственный слой классификации и обучить только этот слой правильной

классификации новых изображений. В этом случае исходная базовая модель используется в качестве выделителя фиксированных признаков, создавая представление, которое сформировало типовые важные особенности.

Существуют различные подходы к дообучению базовой модели. Тренировка всей сети, без фиксации предобученных весов, позволяет немного их скорректировать под имеющуюся обучающую выборку. В литературе принято называть данное решение «точной настройкой» модели.

В качестве базовой модели сети для применения технологии Transfer Learning используется структура нейронной сети MobilNet-224. Данная нейронная сеть проста по своей структуре, в сравнении с аналогами, что является преимуществом при переносе обученной сети на мобильное устройство.

Модель MobileNet основана на разделяемых по глубине слоях, которые являются формой факторизованных сверток, разлагающих стандартную свертку на глубинную свертку и свертку  $1 \times 1$ , называемую точечной сверткой. Для мобильных сетей глубинная свертка применяет один фильтр к каждому входному каналу. Затем точечная свертка применяет свертку  $1 \times 1$ , чтобы объединить выходные данные с глубинной сверткой. Стандартная свертка одновременно фильтрует и объединяет входы в новый набор выходов за один шаг. Разделяемая по глубине свертка разбивает ее на два слоя: отдельный слой для фильтрации и отдельный слой для объединения. Эта факторизация приводит к резкому сокращению вычислений и размера модели [12]. Пример представлен на рисунке 2.

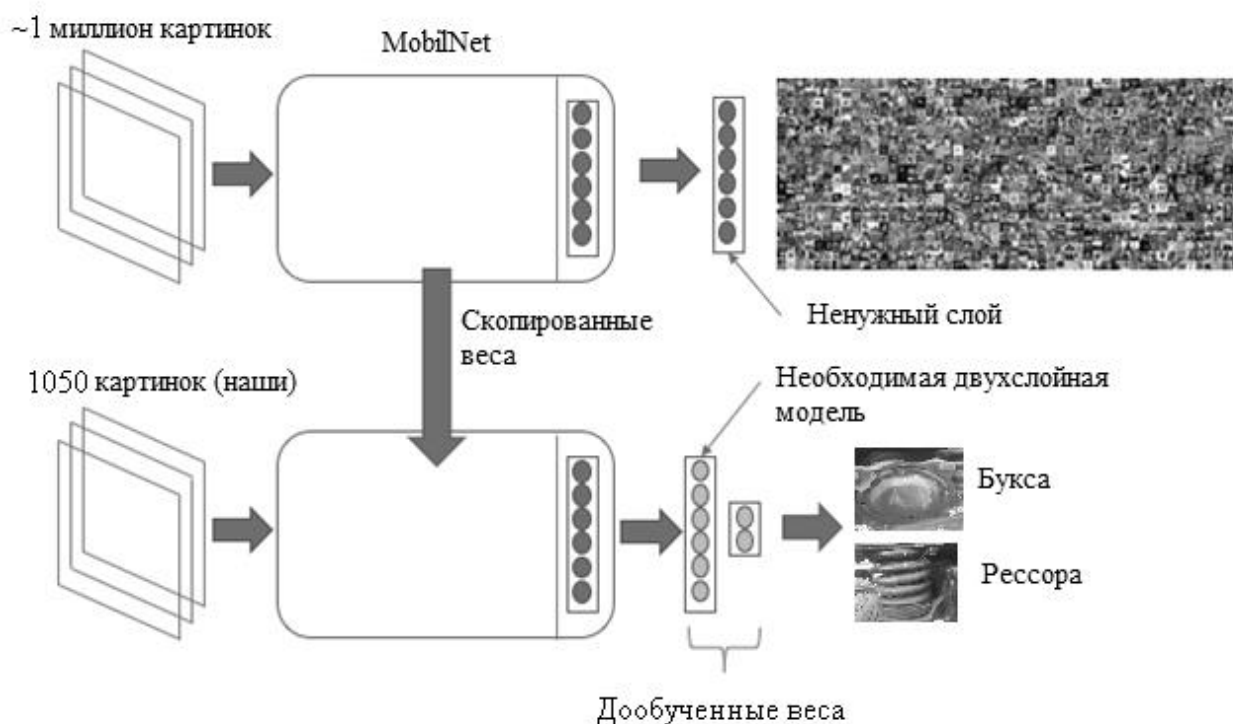


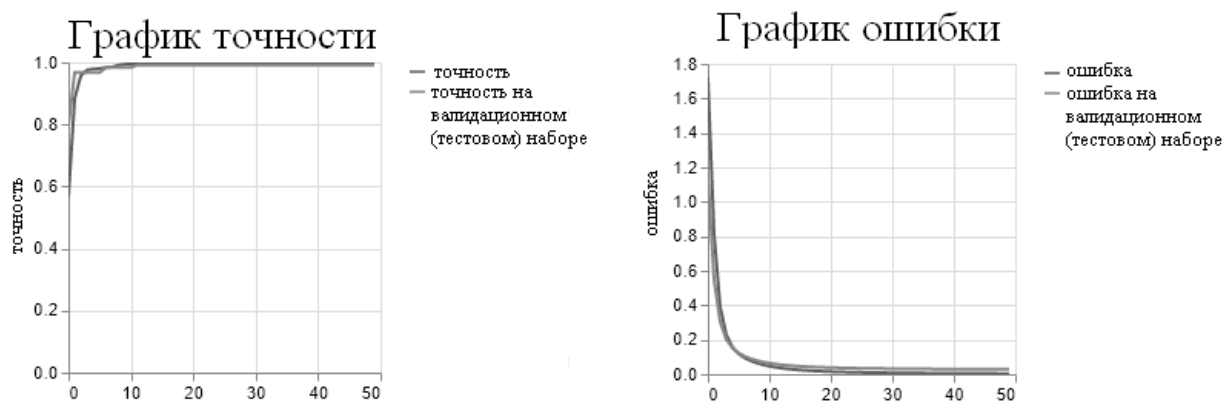
Рис. 2. Реализация Transfer Learning для дообучения нейронной сети MobilNet

Простота обучения данной структуры нейронной сети позволяет делать вывод о том, что если еще пару лет назад нейронная сеть считалась «тяжеловесным» алгоритмом, требующим железа, специально предназначенного для высоконагруженных вычислений, то сегодня уже легко воплощать глубокие сети, работающие прямо на мобильном телефоне. Сравнение данной структуры с аналогами представлен в таблице 1.

**Таблица 1. Сравнение MobileNet с популярными моделями**

Модель	Точность ImageNet	Миллион параметров
MobileNet-224	70.6%	4.2
GoogleNet	69.8%	6.8
VGG 16	71.5%	138

В качестве отдельных элементов тележки пассажирского вагона были определены: букса, колесная пара, подпятник, скользян, тормозная колодка, рессора, гидравлический гаситель. Для каждого из 7 объектов была подготовлена обучающая выборка, содержащая порядка 150 снимков. Подготовка обучающей выборки производилась на полигоне Красноярского института железнодорожного транспорта. Фотографирование элементов проводилось на разных тележках, при различных погодных условиях, при различном освещении, часть обучающих примеров были подвергнуты программной обработке. Время дообучения сверточной нейронной сети не превышало 10 минут. Обучение нейронной сети предоставлено на рисунке 3. Также на рисунке 4 предоставлено качество обучения данной сети.



**Рис. 3. Обучение нейронной сети**

CLASS	ACCURACY
Прочие объек...	1.00
Букса	1.00
Колесная пар...	1.00
Подпятник	1.00
Скользун	1.00
Тормозные ко...	1.00
Рессора	1.00
Гидравлическ...	0.98

Прочие объекты	11	0	0	0	0	0	0	0
Букса	0	17	0	0	0	2	0	0
Колесная пара	0	0	23	0	0	0	0	0
Подпятник	0	0	0	12	0	0	0	0
Скользун	0	0	0	0	17	0	0	0
Тормозные колодки	0	0	0	0	0	21	0	0
Рессора	0	0	0	0	0	0	32	0
Гидравлический гаситель	0	0	0	0	0	0	0	42
	Прочие объекты	Букса	Колесная пара	Подпятник	Скользун	Тормозные колодки	Рессора	Гидравлический гаситель

**Рис. 4. Качество обучения и точность определения объектов**

Основываясь на показателях обучения нейронной сети, представленных на рисунке 4, можно сделать вывод, что сеть обучилась на подготовленных примерах с достаточной точностью определять отдельные конструктивные элементы тележки пассажирского вагона.

Проверка работоспособности обученной нейронной сети проводилась в полевых условиях, идентификации подвергались тележки, расположенные на полигоне института, как участвующие, так и не участвующие в формировании обучающих примеров. Структура нейронной сети была подвергнута модификации, с целью обеспечения возможности ее переноса на мобильное устройство. Программное обеспечение запускалось на смартфонах Samsung Galaxy A51, Huawei P40 Lite, Xiaomi Redmi Note 9 Pro под операционной системой android версии KitKat, Lollipop, Oreo Тестирование на реальных объектах подтвердило работоспособность обученной нейронной сети. Пример тестирования программы на реальных объектах представлен на рисунке 5.

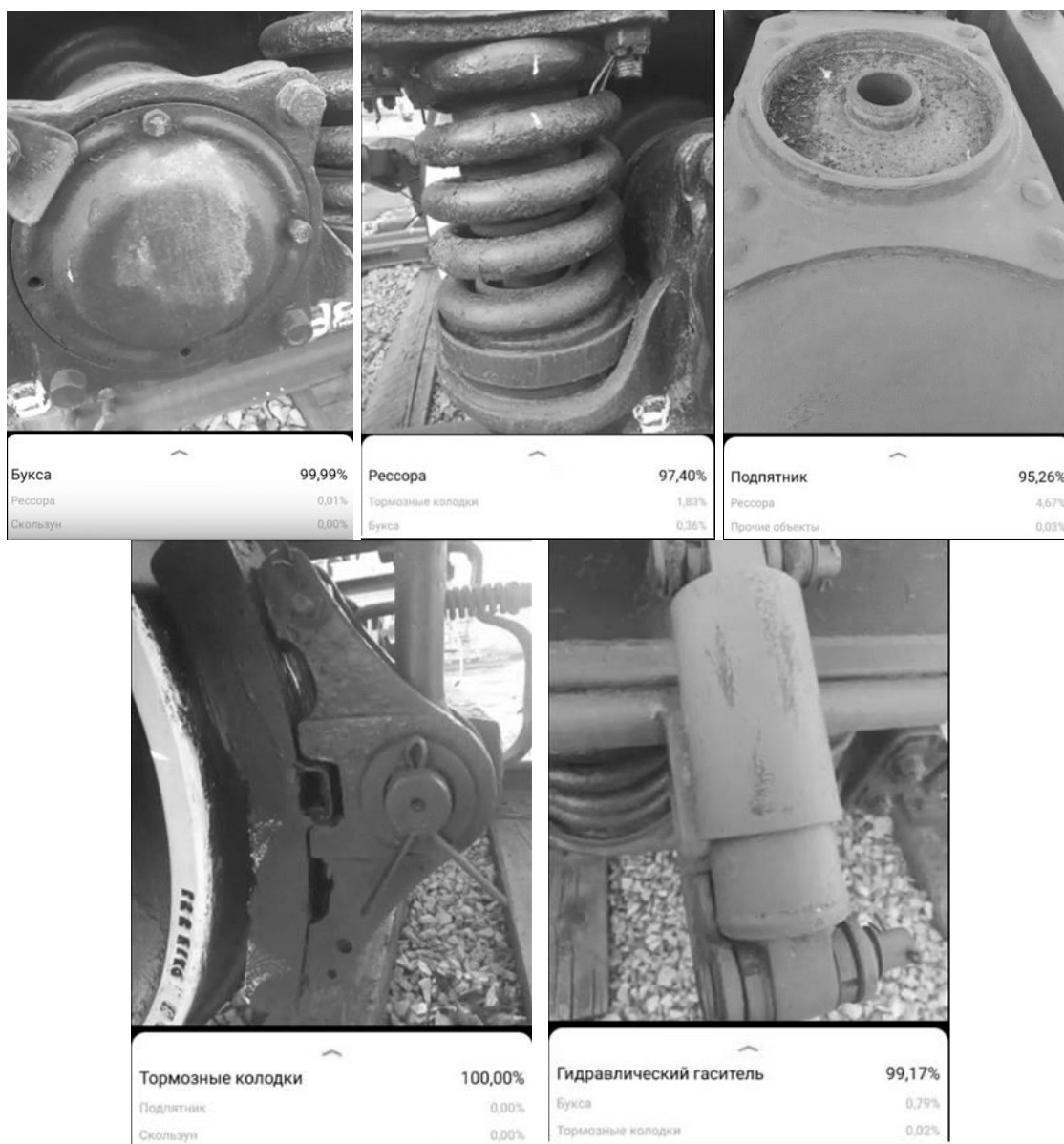


Рис. 5. Тестирование программы на реальных объектах (элементы пассажирской тележки)

Проведенный эксперимент подтверждает возможность реализации на мобильных устройствах функционала идентификации объектов железнодорожной инфраструктуры. Разработка и реализация подобных программ является актуальным и своевременным решением по автоматизации отдельных технологических операций железнодорожной отрасли, востребована в качестве интерактивных обучающих пособий для студентов высшего и среднего профессионального образования.

## Заключение

Поступая в технический вуз, например, железнодорожный, абитуриент сталкивается с проблемой погружения в транспортную специфику, отраслевую терминологию, с которой ему ранее не доводилось сталкиваться. С использованием разработанного программного обеспечения появляется возможность в интерактивной форме получать дополнительную информацию по объектам, расположенным на учебных полигонах образовательных учреждений. Это позволяет подстраивать обучение под уровень текущих знаний конкретного студента, выстраивать индивидуальную учебную траекторию.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильин, Е. С. Решение задачи распознавания рукописных цифр сверточными нейронными сетями различной структуры, с применением графического процессора / Е. С. Ильин, В. А. Шведов // Труды девятнадцатой научно-практической межвузовской конференции студентов КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 21–25 апреля 2015 года. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, 2015. – С. 39-40.
2. Ильин, Е. С. Интеллектуальная система анализа данных на основе нейронных сетей : специальность 05.13.01 "Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ильин Евгений Сергеевич. – Красноярск, 2004. – 174 с.
3. Бойков, Е. В. Мобильное обучение как средство повышения эффективности технической учебы и инструктажей / Е. В. Бойков, Е. С. Ильин, А. И. Орленко // Эксплуатация и обслуживание электронного и микропроцессорного оборудования тягового подвижного состава : Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Красноярск, 24–25 марта 2020 года / Под редакцией И.К. Лакина. – Красноярск: Акционерное общество "Дорожный центр внедрения Красноярской железной дороги", 2020. – С. 160-162.
4. Ильин, Е. С. Решение задачи распознавания рукописных цифр сверточными нейронными сетями различной структуры, с применением графического процессора / Е. С. Ильин, В. А. Шведов // Труды девятнадцатой научно-практической межвузовской конференции студентов КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 21–25 апреля 2015 года. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, 2015. – С. 39-40.
5. Шведов, В. А. Распознавания дорожных знаков сверточными нейронными сетями различной структуры, с применением графических процессоров CUDA / В. А. Шведов, Е. С. Ильин // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2015. – Т. 2. – С. 282-286.
6. Pjin, E. S. Determination of road signs similarity at the example of speed restriction signs / E. S. Pjin, V. A. Shvedov // VI International Symposium on Innovation and Sustainability of Modern Railway : conference proceedings, Irkutsk, 25–28 сентября 2018 года. – Irkutsk: China Railway Publishing House, 2018. – P. 729-732.
7. Ильин, Е. С. Программное обеспечение для распознавания принципиальных и монтажных схем / Е. С. Ильин, А. С. Пушкин // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте, Красноярск, 21–24 ноября 2016 года. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта (филиал Иркутского государственного университета путей сообщения), 2016. – С. 92-94.
8. Ильин, Е. С. Возможности машинного зрения для решения задачи распознавания железнодорожного полотна / Е. С. Ильин, В. А. Шведов // 120 лет железнодорожному образованию в Сибири : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Красноярск, 23–24 октября 2014 года / Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС. – Красноярск: Касс, 2014. – С. 204-207.
9. Ильин, Е. С. Распознавание сигнальных знаков на железнодорожном транспорте / Е. С. Ильин, В. А. Шведов // Труды XVI студенческой научно-технической конференции КрИЖТ

ИрГУПС, Красноярск, 19 апреля 2012 года. – Красноярск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2012. – С. 108-110.

10. Шведов, В. А. Технологии компьютерного зрения для идентификации сигнальных знаков / В. А. Шведов, Е. С. Ильин // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2014. – Т. 1. – С. 583-585.

11. Информационный портал Digital Russia // Утверждён план перехода РЖД на «цифровую железную дорогу» [сайт] URL: <https://d-russia.ru/utverzhdyon-plan-perehoda-rzhd-na-tsifrovuyu-zheleznuyu-dorogu.html> (дата обращения 21.04.2021)

12. М. Abadi, A. Agarwal, P. Barham, E. Brevdo Tensorflow: Крупномасштабное машинное обучение в гетерогенных системах, 2015 / М. Abadi, A. Agarwal, P. Barham, E. Brevdo Z. Chen, C. Citro, G. S. Corrado, A. Davis, J. Dean, M. Devin и др. // Программное обеспечение, доступное в tensorflow – орг, 1 – 2015

## REFERENCES

1. Ilyin, E. S. Solving the problem of recognizing handwritten numbers by convolutional neural networks of various structures, using a graphics processor / E. S. Ilyin, V. A. Shvedov // Proceedings of the nineteenth scientific-practical interuniversity conference of students of KRIZhT IrGUPS, Krasnoyarsk, April 21-25, 2015. - Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Institute of Railway Transport - a branch of the Irkutsk State University of Railways, 2015. - P. 39-40.

2. Ilyin, ES Intelligent data analysis system based on neural networks: specialty 05.13.01 "System analysis, management and processing of information (by industry)": dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Ilyin Evgeny Sergeevich. - Krasnoyarsk, 2004. - 174 p.

3. Boykov, E. V. Mobile learning as a means of increasing the efficiency of technical training and instructing / E. V. Boykov, E. S. Ilyin, A. I. Orlenko // Operation and maintenance of electronic and microprocessor equipment of traction rolling stock: Proceedings All-Russian scientific and practical conference with international participation, Krasnoyarsk, March 24-25, 2020 / Edited by I.K. Lakina. - Krasnoyarsk: Joint Stock Company "Road Center for the Implementation of the Krasnoyarsk Railway", 2020. - pp. 160-162.

4. Ilyin, E. S. Solving the problem of recognizing handwritten digits by convolutional neural networks of various structures, using a graphics processor / E. S. Ilyin, V. A. Shvedov // Proceedings of the nineteenth scientific-practical interuniversity conference of students of KRIZhT IrGUPS, Krasnoyarsk, April 21-25, 2015. - Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Institute of Railway Transport - a branch of the Irkutsk State University of Railways, 2015. - P. 39-40.

5. Shvedov, V. A. Recognition of road signs by convolutional neural networks of various structures, using CUDA graphics processors / V. A. Shvedov, ES Ilyin // Transport infrastructure of the Siberian region. - 2015. - Т. 2. - S. 282-286.

6. Iljin, E. S. Determination of road signs similarity at the example of speed restriction signs / E. S. Iljin, V. A. Shvedov // VI International Symposium on Innovation and Sustainability of Modern Railway: conference proceedings, Irkutsk, September 25-28, 2018. - Irkutsk: China Railway Publishing House, 2018. - P. 729-732.

7. Ilyin, E. S. Software for the recognition of schematic and wiring diagrams / E. S. Ilyin, A. S. Pushnin // Innovative technologies in railway transport, Krasnoyarsk, November 21-24, 2016. - Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Institute of Railway Transport (branch of the Irkutsk State University of Railways), 2016. - pp. 92-94.

8. Ilyin, E. S. Possibilities of machine vision for solving the problem of recognition of railway tracks / E. S. Ilyin, V. A. Shvedov // 120 years of railway education in Siberia: materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Krasnoyarsk, October 23-24, 2014 / Krasnoyarsk Institute of Railway Transport - a branch of IrGUPS. - Krasnoyarsk: Kass, 2014. - S. 204-207.

9. Ilyin, E. S. Recognition of signal signs on railway transport / E. S. Ilyin, V. A. Shvedov // Proceedings of the XVI student scientific and technical conference KRIZHT IrGUPS, Krasnoyarsk, April 19, 2012. - Krasnoyarsk: Irkutsk State Transport University, 2012. - P. 108-110.

10. Shvedov, V. A. Computer vision technologies for the identification of signal signs / V. A. Shvedov, E. S. Ilyin // Transport infrastructure of the Siberian region. - 2014. - Т. 1. - S. 583-585.

11. Information portal Digital Russia // The plan for the transition of Russian Railways to the “digital railway” was approved [site] URL: <https://d-russia.ru/utverzhdyon-plan-perehoda-rzhd-na-tsifrovuyu-zheleznuyu-dorogu.html> (date of access 04.21.2021)

12. M. Abadi, A. Agarwal, P. Barham, E. Brevdo Tensorflow: Large-scale machine learning in heterogeneous systems, 2015 / M. Abadi, A. Agarwal, P. Barham, E. Brevdo Z. Chen, C. Citro, G. S. Corrado, A. Davis, J. Dean, M. Devin, et al. // Software available in tensorflow – org, 1 – 2015

### **Информация об авторах**

*Тепляков Андрей Дмитриевич* – студент группы «ЭЖД 1-18-1», Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения» (КРИЖТ ИрГУПС), г. Красноярск, e-mail: smadzik@yandex.ru

*Фокин Валерий Денисович* – студент группы «ЭЖД 1-18-1», Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения» (КРИЖТ ИрГУПС), г. Красноярск, e-mail: valera.fokin.2517@mail.ru

*Ильин Евгений Сергеевич* – к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог», Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения» (КРИЖТ ИрГУПС), г. Красноярск, e-mail: iluin\_es@krsk.irkups.ru

### **Authors**

*Andrey Dmitrievich Teplyakov* – student of the group "EZHD 1-18-1", Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, branch of the Irkutsk State University of Railway Transport (KRIZHT IrGUPS), Krasnoyarsk, e-mail: smadzik@yandex.ru

*Valery Denisovich Fokin* – student of the group "EZHD 1-18-1", Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, branch of the Irkutsk State University of Railway Transport (KRIZHT IrGUPS), Krasnoyarsk, e-mail: valera.fokin.2517@mail.ru

*Evgeny Sergeevich Iluin* – Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department "Operation of Railways», ", Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, branch of the Irkutsk State University of Railway Transport (KRIZHT IrGUPS), Krasnoyarsk, e-mail: iluin\_es@krsk.irkups.ru

### **Для цитирования**

Тепляков А.Д. Опыт разработки программы под Android для идентификации элементов тележки вагона [Электронный ресурс] / А.Д. Тепляков, В.Д. Фокин, Е.С. Ильин // 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.

### **For citation**

Teplyakov A.D., Fokin V.D., Ilyin E.S. *Opyt razrabotki programmy pod Android dlya identifikatsii elementov telezhki vagona* [Experience in developing the program for android for identification of elements of the wagon barrow]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no. 1 (11).