

DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-1-267-287

УДК 004.8:625.1



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОКОПРИЕМНИКОВ ПОЕЗДОВ

*В.С. Язынин, А.М. Барановский,  
А.А. Воробьев, И.Ю. Романова*

**Состояние вопроса.** В настоящей статье представлены результаты анализа механизма работы искусственных нейронных сетей на Российских железных дорогах для контроля токоприемников поездов. Проведена критическая оценка ситуации и дан прогноз дальнейшего развития нейросетевых технологий на железнодорожном транспорте.

**Материалы и/или методы исследования.** Использованы методы математического моделирования, системного анализа, анализа данных, сопоставления, теории систем, а также архитектура и математическая модель нейронной сети и информационных стандартов.

**Результаты.** Разработана модель информационной системы контроля характеристик токоприемников, описан алгоритм ее работы и функционал программного комплекса модели системы контроля характеристик токоприемников подвижного состава. Представлен алгоритм работы нейронной сети по определению характеристик токоприемников электрического подвижного состава. Проведен анализ перспектив использования искусственных нейронных сетей в сфере железнодорожного транспорта, а также создана имитационная модель информационной системы контроля характеристик токоприемников электроподвижного состава железнодорожного транспорта.

**Заключение.** В статье проведено исследование позитивного опыта компании ОАО «РЖД» по внедрению нейросетевых техноло-

*гий в технологические процессы и дальнейших перспектив использования нейросетевых технологий на Российских железных дорогах. Отмечена необходимость интенсификации развития и внедрения нейротехнологий для решения широкого спектра задач, в том числе задач по оптимизации организации технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Показана эффективность и актуальность использования искусственных нейронных сетей в различных сферах деятельности, в особенности на Российских железных дорогах, а также предложена модель информационной системы в области контроля характеристик токоприемников.*

**Ключевые слова:** *Искусственные нейронные сети; нейросетевые технологии; информационные технологии; железнодорожный транспорт*

**Для цитирования.** *Язынин В.С., Барановский А.М., Воробьев А.А., Романова И.Ю. Использование искусственных нейронных сетей на Российских железных дорогах для контроля токоприемников поездов // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 1. С. 267-287. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-1-267-287*

## **THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS ON RUSSIAN RAILWAYS TO CONTROL CURRENT COLLECTORS OF TRAINS**

**V.S. Yazinin, A.M. Baranovskiy,  
A.A. Vorobyev, I.Yu. Romanova**

**Background.** *This article presents the results of the analysis of the mechanism of artificial neural networks on Russian railways for the control of current collectors of trains. A critical assessment of the situation was carried out and a forecast of the further development of neural network technologies in railway transport was given.*

**Materials and/or research methods.** *Methods of mathematical modeling, system analysis, data analysis, comparison, systems theory,*

as well as architecture and mathematical model of neural network and information standards were used.

**Results.** *A model of the information system for monitoring the characteristics of current collectors has been developed, the algorithm of its operation and the functionality of the software package of the model of the system for monitoring the characteristics of current collectors of rolling stock have been described. The algorithm of neural network operation for determining the characteristics of electric rolling stock current collectors is presented. The analysis of the prospects for the use of artificial neural networks in the field of railway transport has been carried out, and a simulation model of an information system for monitoring the characteristics of current collectors of electric rolling stock of railway transport has been created.*

**Conclusion.** *The article examines the positive experience of JSC “Russian Railways” on the introduction of neural network technologies in technological processes and further prospects for the use of neural network technologies on Russian railways. The necessity of intensifying the development and implementation of neurotechnologies to solve a wide range of tasks, including tasks to optimize the organization of maintenance and repair of rolling stock, is noted. The effectiveness and relevance of the use of artificial neural networks in various fields of activity, especially on Russian railways, is shown, and a model of an information system in the field of monitoring the characteristics of current collectors is proposed.*

**Keywords:** *Artificial neural networks, neural network technologies, information technologies, railway transport*

**For citation.** *Yazinin V.S., Baranovskiy A.M., Vorobyev A.A., Romanova I.Yu. The Use of Artificial Neural Networks on Russian Railways to Control Current Collectors of Trains // International Journal of Advanced Studies, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 267-287. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-1-267-287*

## **Введение**

В ходе стремительного технического прогресса все больше и больше привычных нам вещей и профессий меняются и приобре-

тают новый вид. Так, созданная в XX в. ЭВМ, а следом за ней и интернет позволили человечеству с невероятной скоростью выполнять вычисления, работать с большими объемами данных и оперативно обмениваться информацией с разных уголков Земли.

Новые технологии позволяют быстро создавать, развивать, а также управлять бизнесом, поэтому критически важно своевременно интегрировать такого рода технологии в свои бизнес-процессы. На сегодняшний день стало ясно, что одним из наиболее перспективных видов таких технологий являются искусственные нейронные сети, которые уже проникают во все сферы деятельности человека, и железные дороги не стали исключением.

Поэтому важно провести анализ, описать механизм работы, провести критическую оценку ситуации и спрогнозировать дальнейший вектор развития нейросетевых технологий в рамках сферы железнодорожного транспорта.

### **Понятие нейросетевых технологий и искусственных нейронных сетей**

Нейросетевые технологии представляют собой совокупность информационных технологий, которые работают, используя искусственные нейронные сети [1]. Искусственные нейронные сети или просто нейронные сети, имеют множество определений в зависимости от предметной области, в которой рассматривается данное понятие. В рамках данной статьи под нейронными сетями будет использоваться следующее понятие – это программная или аппаратная реализация математической модели, построенной по принципу организации и работы биологических нейронных сетей [2].

Нейронные сети представляют собой систему искусственных нейронов, которые связаны друг с другом определенным образом, что позволяет системе обучаться [3]. Под обучением понимается процесс настройки архитектуры сети и правильного подбора весов синаптических связей. Обучение происходит на заранее подготовленной выборке, чем больше выборка, тем лучше [4].

Искусственный нейрон представляет собой элемент, который в свою очередь имитирует свойства своего биологического аналога, принимая сигналы от предыдущих элементов сети, вычисляя по определенному правилу выходной сигнал на основе комбинирования входных сигналов и передавая выходной сигнал другим элементам нейронной сети [5].

Такой подход позволяет создать адаптивную систему, благодаря которой нейрокомпьютеры учатся на основе прошлых итераций обучения, каждый раз совершенствуя точность решения сложных задач.

Благодаря нейронным сетям компьютеры обретают возможность обобщать и делать выводы на основе входных данных, находить скрытые закономерности в больших информационных блоках, анализировать и моделировать изменчивые наборы данных, а также автономно продолжать самообучение [6].

### **Области применения искусственных нейронных сетей**

Компьютеры, телефоны и интернет, за довольно короткий промежуток времени, плотно вошли в жизнь современного человека и сейчас с такой же динамикой в нее входят искусственные нейронные сети. Хотя нейронные сети были описаны еще в первой половине XX в., долгое время это направление не могло развиваться из-за отсутствия необходимых мощностей вычислительной техники. Сейчас, когда мощности значительно возросли данное направление получило небывалый скачок в развитии и теперь динамично интегрируется, практически во все сферы человеческой жизнедеятельности. Это обусловлено тем, что спектр решаемых ими задач невероятно обширен, можно привести следующие примеры.

**Распознавание речи.** Распознавание речи с помощью нейронных сетей активно используется различными компаниями в своих продуктах, так как нейронная сеть может распознать человеческую речь вне зависимости от языка, акцента и других факторов,

влияющих на восприятие речи человеком. Например, компания Яндекс использует такие технологии при голосовом поиске в «Яндекс.Браузер» и при взаимодействии с голосовым помощником «Алиса».

**Списки рекомендаций.** На основе анализа собранной информации о действиях пользователей, нейронные сети могут предложить персональные рекомендации. Это может значительно сократить время на поиск необходимого товара или контента для рядового пользователя. Хорошим примером использования нейронных сетей можно назвать опыт компаний VK для сервиса «VKМузыка» и SpotifyTechnologyS. A. для их сервиса «Spotify», где они с их помощью создают подборку музыки для пользователя основываясь на его музыкальных предпочтениях.

**Машинное зрение.** Благодаря нейронным сетям компьютер может извлекать информацию из видео и фотоматериалов даже эффективнее чем люди. Например, в сервисах поиска по картинкам от Googleи Яндекс используются такие технологии, что позволяет пользователям с легкостью находить заинтересовавших их контент.

Вышеописанные примеры – это всего лишь малая часть того, где сейчас применяются искусственные нейронные сети. С каждым годом их функционал и сферы применения будут только расти, плотно интегрируясь с бытом и деятельностью современного человека. Многие задачи носят оптимизационный характер, поиск их решения часто сводится к нахождению корней систем линейных алгебраических или дифференциальных уравнений (задачи составления расписания, транспортная, покрытия множеств, кластерного анализа, о назначениях, оценивания готовности и диагностирования сложных систем, и др.) [12]. Перспективным направлением является интеграция классических вычислительных структур с нейроускорителями, обеспечивающих эффективное решение частных задач в рамках гибридных вычислительных систем [13].

## **Использование нейронных сетей в настоящее время в ОАО «РЖД»**

Как и во всех динамично развивающихся компаниях, в ОАО «РЖД» активно внедряют нейросетевые технологии во все сферы деятельности компании. В рамках цифровой трансформации были приняты стратегии научно – технического развития холдинга ОАО «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года «Белая книга». В рамках этих проектов запланированы многочисленные проекты по цифровизации и автоматизации технологических процессов. Далее будет рассмотрена часть уже реализованных проектов и проектов находящихся в стадии активного тестирования.

На данном этапе цифровой трансформации уже внедрена система диагностики с применением принципов искусственного интеллекта и технического зрения (интегрированный пост автоматизированного приема и диагностики подвижного состава на сортировочных станциях). Данная система занимается мониторингом оперативной обстановки, умеет составлять очередность роспуска и формирования составов, а также влияет на распределение ресурсов бригад и локомотивов. Достоинством данной системы является возможность обработки больших объемов данных, самостоятельная оптимизация путей решения задач, которые трудно или даже невозможно решить оператору системы [7].

В настоящее время ОАО «РЖД» совместно с партнерами CognitivePilot (дочернее предприятие Сбербанка) активно работает над созданием автопилота для поездов. Уже существует как минимум десять опытных локомотивов с искусственным интеллектом, которые в данный момент проходят испытания. Появление умных поездов может свести к минимуму число чрезвычайных происшествий из-за человеческого фактора. Разработчики планируют реализовать проект беспилотных поездов не только для грузовых поездов, но и для пассажирских. С конца 2021 года тестируются поезда «Ласточки» с автопилотом, реализуется данный проект за счет использования нейронных сетей и машинного

зрения на поездах и объектах железнодорожной инфраструктуры. Ожидается, что такие поезда будут курсировать в штатном режиме по Московскому центральному кольцу уже в 2024 году [8].

Так же компания уже на протяжении нескольких лет активно использует технологии искусственного интеллекта в следующих направлениях:

- 1) Обработка естественного языка:
  - Разговорный искусственный интеллект для приема голосовых обращений и синтеза речи.
  - Автоматизация ручной обработки типовых заявок, обращений – в виде процесса роботизации обработки заявок в техническую поддержку.
- 2) Интеллектуальная поддержка принятия решений в следующих направлениях:
  - Инфраструктура и подвижной состав для предиктивной диагностики, технического обслуживания и ремонта.
  - Железнодорожная инфраструктура для предиктивной диагностики.
  - Управление перевозками в рамках рекомендательного сервиса.
- 3) Программные роботы (RPA) в направлении автоматизации рутинных операций:
  - Техническая поддержка.
  - Формирование отчетности.
  - Ведение нормативно-справочной информации.

### **Оценка дальнейшей перспективы развития и применения нейросетевых технологий в ОАО РЖД**

На сегодняшний день можно выделить 3 основных класса решаемых искусственными нейросетями задач:

1. Распознавание объектов/образов и классификация.
2. Управление и моделирование в динамических системах.
3. Анализирование временных рядов и прогнозирование.



На основе этих классов можно сделать классификацию областей применения искусственных нейронных сетей в рамках решения задач в ОАО РЖД [9].

Таблица 1.

**Классификация областей применения и задач искусственных нейронных сетей**

Классификационная группа (по области применения)	Разрабатываемые прикладные задачи	Класс задач		
		Распознавание образов	Прогнозирование временных рядов	Моделирование динамических систем
Контроль технического состояния устройства	Мониторинг состояния технических устройств, поиск скрытых неисправностей, прогнозирование изменения состояния устройств	+	+	-
Автоматизированное управление устройствами	Телеуправление, автоматизация движения, автоматический контроль режимов работы устройств	+	+	+
Прогнозирование размеров перевозок и эксплуатационных показателей	Прогнозирование размеров грузового движения, пассажиропотока, эксплуатационных показателей	-	+	+
Определение технических и эксплуатационных характеристик устройств	Прогнозирование времени выполнения операций, планирование выполнения работ, определение строительной стоимости объектов	-	+	+
Системы поддержки принятия решений	Оперативное прогнозирование затруднений в работе транспортных объектов, системы поддержки принятия решений оперативных работников	-	+	+

На основе классификации представленной в таблице 1, можно отметить, что часть задач уже решена, но остается еще большое пространство актуальных прикладных задач для реализации новых проектов с использованием нейросетевых технологий.

Например, в скором времени может начаться процесс интеграции в работу ОАО «РЖД» интеллектуальной системы управления движением поездов ИСУДП «Прогноз». Данную систему разработали специалисты из Центра компетенции НТИ «Искусственный интеллект», который существует на базе Московского Физико-Технического Института (МФТИ). Созданная система на основе нейронных сетей может самостоятельно за считанные секунды составить график движения поездов.

На саммите TADVISERSUMMIT 2021 компания ОАО РЖД назвала приоритетные направления работы в 2022 году:

- Реализация сквозного процесса управления жизненным циклом инвестиционных проектов.
- Принятие управленческих решений и планирование деятельности на основе экономической оценки влияния на себестоимость.
- Внедрение технологии искусственного интеллекта в управлении производственными процессами.
- Развитие CRM в грузовых перевозках.
- Развитие цифровых услуг для пассажиров.
- Переход на преимущественное использование отечественного ПО.

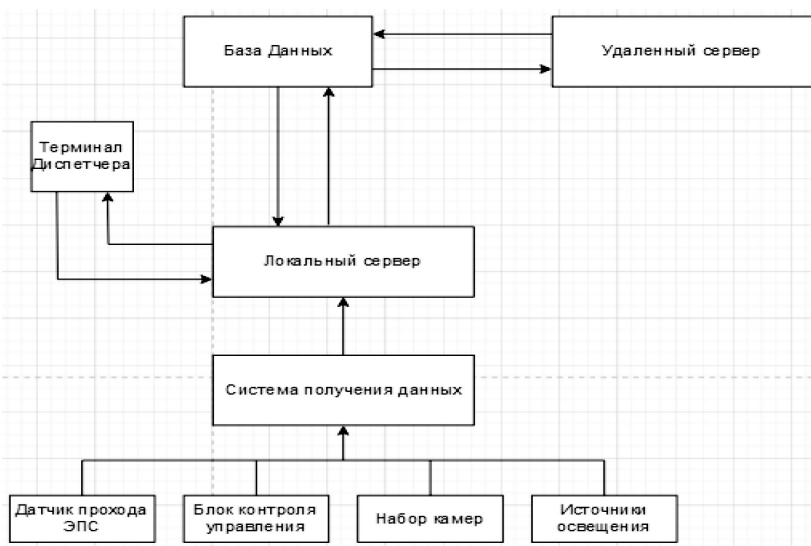
Исходя из выше представленной информации можно сделать вывод, что компания крайне заинтересована в дальнейшем развитии и использовании нейросетевых технологий в своей деятельности.

Дальнейшее развитие нейросетевые технологии могут получить в организации пассажирского движения [10-14], в проектировании и эксплуатации транспортно-складских систем железных дорог [15-21], в моделировании и прогнозировании экономических показателей [22-24] и мн.др.

### **Модель информационной системы контроля характеристик токоприемников**

Для успешного функционирования АО «РЖД» необходимо стремиться к минимизации затрат. Важным этапом в минимизации

заграт является повышение качества диагностики подвижного состава поездов, так как своевременные ремонтные работы или замена поврежденных комплектующих могут значительно сэкономить финансы компании. На основе нейронных сетей предлагается создать информационную систему контроля характеристик токоприемников электроподвижного состава железнодорожного транспорта [25]. С помощью видеоизмерительного комплекса и нейросетевых технологий предлагается контролировать состояние износа всех токоприемников поездов, выходящих из депо или поступающих на линию [26-28], такой вид диагностики позволит определить степень необходимости технического обслуживания токоприемников. Дистанционный способ диагностики позволяет осуществлять контроль непосредственно в режиме эксплуатации без необходимости остановки подвижного состава и без участия обслуживающего персонала. Ниже на рисунке 1 представлена модель данной информационной системы.



**Рис. 1.** Структура информационной системы контроля характеристик токоприемников электроподвижного состава железнодорожного транспорта

Описание компонентов информационной системы (ИС) контроля характеристик токоприемников электроподвижного состава (ЭПС):

- 1) Система получения данных – представляет собой совокупность видеоизмерительного комплекса и источников освещения, в свою очередь видеоизмерительный комплекс состоит из датчика прохода, ЭПС, блока контроля управления и набора камер.
- 2) Локальный сервер – получает фотографии с системы получения данных, производит вычисления и взаимодействует с базой данных.
- 3) Терминал диспетчера – используется оператором для управления данными на локальном сервере.
- 4) База данных – хранилище данных, куда локальный сервер сохраняет исходные и обработанные видеоматериалы и отчеты.
- 5) Удаленный сервер – может использоваться для резервного копирования данных.



**Рис. 2.** Функционал программного комплекса модели системы контроля характеристик токоприемников подвижного состава

Описание функционала программного комплекса модели системы контроля характеристик токоприемников подвижного состава:

Для повышения надежности системы оператору необходимо пройти авторизацию для получения доступа к полному функционалу приложения.

Авторизированный оператор может получить фото и видеоматериалы токоприемников электроподвижного состава, отчет о состоянии токоприемников с помощью обработки полученных данных искусственной нейронной сетью. Добавить, изменить или удалить отчет в базе данных.

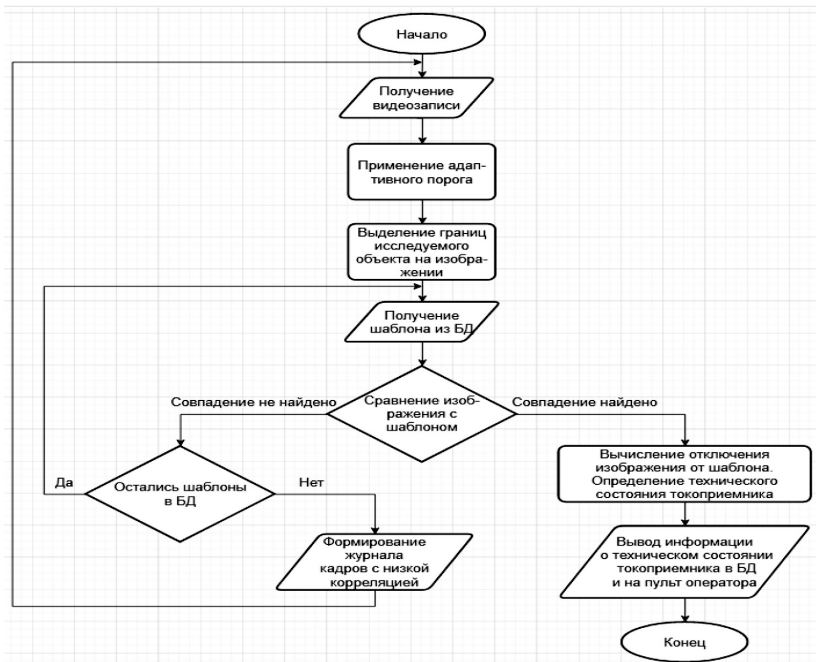


Рис. 3. Алгоритм работы нейронной сети по определению характеристик токоприемников ЭПС

Алгоритм работы ИС контроля характеристик токоприемника ЭПС:

1. При проходе ЭПС через контрольный пункт датчик прохода подает сигнал в блок управления который запускает процесс записи видеoinформации.
2. Система получения данных отправляет полученную информацию на локальный сервер.

3. Оператор с помощью терминала диспетчера может получить фотографии и с помощью искусственной нейронной сети провести анализ износа токоприемников ЭПС. Алгоритм работы искусственной нейронной сети представлен на рисунке номер 3. Исходя из полученного отчета оператор решает, насколько необходимо проводить технического обслуживание ЭПС.
4. Далее отчет и полученные фото и видеоматериалы оператор сохраняет в базу данных.

### **Заключение**

Исходя из текущих мировых тенденций по внедрения искусственных нейронных сетей практически во все сферы жизнедеятельности человека можно сделать вывод, что это направление продолжит динамично развиваться, охватывая все больше новых сфер деятельности.

Исследование позитивного опыта компании ОАО «РЖД» по внедрению нейросетевых технологий в технологические процессы и дальнейших перспектив использования нейросетевых технологий на Российских железных дорогах показывает актуальность интенсификации развития и внедрения нейротехнологий для решения широкого спектра задач, в том числе задач по оптимизации организации технического обслуживания и ремонта подвижного состава.

Представлена модель информационной системы контроля характеристик токоприемников электроподвижного состава железнодорожного транспорта, позволяющая выявлять дефекты токоприемников в ходе эксплуатации. Ключевую задачу по распознаванию дефектов и классификации степени износа токоприемников предлагается возложить на нейрорподобную сеть.

### ***Список литературы***

1. Барский, А.Б. Логические нейронные сети: Учебное пособие / А.Б.Барский. - М.: Бином, 2013. – 352 с.

2. Дейтел П., Дейтел Х. Python: Искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления. СПб.: Питер, 2020. – 864 с.
3. Траск Эндрю. Грокаем глубокое обучение. СПб.: Питер, 2019. – 352 с.
4. Редько, В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики / В.Г. Редько. – М.: Лананд, 2019. - 224 с.
5. Ростовцев, В. С. Искусственные нейронные сети : учебник для вузов / В. С. Ростовцев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 216 с.
6. Лазарев В. М., Свиридов А. П. Нейросети и нейрокомпьютеры. – М.: Изд-во МГТУ РЭА, 2011. – 131 с.
7. Нейросеть сортирует вагоны [Электронный ресурс]. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=191259&ysclid=19wiv1g91m530802873> (Дата обращения: 16.10.22)
8. Когда у России появятся свои поезда на автопилоте [Электронный ресурс]. URL: <https://plus-one.ru/society/2022/03/09/poezda-na-avtopilote> (Дата обращения: 16.10.22)
9. Анализ опыта и перспектив применения искусственных нейронных сетей на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-opyta-i-perspektiv-primeneniya-iskusstvennyh-neyronnyh-setey-na-zheleznodorozhnom-transporte/viewer> (Дата обращения 17.10.2022).
10. Куренков П.В., Вакуленко С.П. Финансово-экономическое решение проблемы пригородных перевозок // Экономика железных дорог. – 2012. – № 12. – С. 96.
11. Баритко А.Л., Куренков П.В. Организация и технология внешнеторговых перевозок // Железнодорожный транспорт. – 1998. – № 8.
12. Мохонько В.П., Исаков В.С., Куренков П.В. Ситуационное управление перевозочным процессом // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2004. – № 11. – С. 14.
13. Мохонько В.П., Исаков В.С., Куренков П.В. Проблемы создания ситуационно-аналитической системы управления перевозочным

- процессом на железнодорожном транспорте// Бюллетень транспортной информации. – 2004. – № 9. – С. 22.
14. Формирование системы финансового менеджмента: теория, опыт, проблемы, перспективы/ Коллективная монография: Сафронова А.А., Рудакова Е.Н., Куренков П.В. и др. / Москва, 2018. – 228 с. ISBN: 978-5-907084-31-5
  15. Покровская О.Д. Логистические накопительно-распределительные центры как основа терминальной сети региона. –Монография / Новосибирск, 2012. – 184 с. ISBN: 978-5-94301-276-1
  16. Покровская О.Д. Состояние транспортно-логистической инфраструктуры для угольных перевозок в России // Инновационный транспорт. – 2015. – № 1 (15). – С. 13-23.
  17. Покровская О.Д. О терминологии объектов терминально-складской инфраструктуры // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16. – № 1 (74). – С. 152-163.
  18. Покровская О.Д. Логистическая классность железнодорожных станций // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 2 (38). – С. 68-76.
  19. Покровская О.Д. Логистические транспортные системы России в условиях новых санкций// Бюллетень результатов научных исследований. – 2022. – № 1. – С. 80-94.
  20. Pokrovskaya O.D. Terminalistica as a new methodology for the study of transport and logistics systems of the regions// Sustainable economic development of regions. Ed. By L. Shlossman. Vienna, 2014. С. 154-175.
  21. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Assessment of transport and storage systems // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Т. 1115. С. 570-577. DOI: 10.1007/978-3-030-37916-2\_55
  22. Дроздова М.А. Международные санкции как средства регулирования мировой экономики // В сборнике: Инновационные подходы развития экономики и управления в XXI веке. Сборник трудов III Национальной научно-практической конференции. Федеральное агентство железнодорожного транспорта, ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. С. 113-116.



23. Дроздова М.А., Кравченко Л.А. Антиглобализм в контексте современного международного экономико-правового дискурса // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2020. Т. 1. № 3 (96). С. 247-253.
24. Дроздова М.А., Кравченко Л.А., Панков Д.А. Цифровая экономика и инфляция в период пандемии // В сборнике: Инновационные подходы развития экономики и управления в XXI веке. Сборник трудов III Национальной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. С. 11-14.
25. Беляев И. А., Михеев В. П., Шиян В. А. Токосъем и токоприемники электроподвижного состава. — М.: Транспорт, 1976. — 184с.
26. Автоматизированная система диагностики состояния токоприемников электроподвижного состава на основе видеоизмерительного комплекса [Электронный ресурс].URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-sistema-dagnostiki-sostoyaniya-tokopriemnikov-elektropodvizhnogo-sostava-na-osnove-videoizmeritel'nogo/viewer> (Дата обращения: 19.10.2022).
27. Барановский А.М., Силантьев С.Б., Смолицкий Х.Л., Яфраков М.Ф., Синтез нейроподобной сети Хопфилда для решения систем линейных алгебраических уравнений. Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 1994. Т. 37. № 3-4. С. 47-51.
28. Gluhov A., Baranovskiy A., Fomenko Y., Bochkov A. Adapted Model Neural-Like Hopfield Network and the Algorithm of Its Training for Finding the Roots Systems of Linear Algebraic Equations. Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Т. 229. С. 386-395.

### *References*

1. Barsky, A.B. Logical neural networks: A textbook / A.B.Barsky. - М.: Binom, 2013. – 352 p.
2. Deitel P., Deitel H. Python: Artificial Intelligence, big data and cloud computing. St. Petersburg: Peter, 2020.– 864s.
3. Trask Andrew. Grok deep learning. St. Petersburg: St. Petersburg, 2019.– 352 p.

4. Redko, V.G. Evolution, neural networks, intelligence: Models and concepts of evolutionary cybernetics / V.G. Redko. – M.: Lenand, 2019. – 224 p.
5. Rostovtsev, V. S. Artificial neural networks : textbook for universities / V. S. Rostovtsev. – 2nd ed., revised. – St. Petersburg: Lan, 2021. – 216 p.
6. Lazarev V. M., Sviridov A. P. Neural networks and neurocomputers. – M.: Publishing house of MSTU REA, 2011. – 131 p.
7. Neural network sorts wagons [Electronic Resource]. URL:<https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=191259&ysclid=19wiv1g91m530802873> (Accessed: 16.10.22)
8. When Russia will have its own trains on autopilot [Electronic resource]. URL:<https://plus-one.ru/общество/2022/03/09/ride-on-autopilot> (Accessed: 16.10.22)
9. Analysis of the experience and prospects of using artificial neural networks in railway transport [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-opyta-i-perspektiv-primeneniya-iskusstvennyh-neyronnyh-setey-na-zheleznodorozhnom-transporte/viewer> (Accessed 17.10.2022).
10. Kurenkov P.V., Vakulenko S.P. Financial and economic solution to the problem of suburban transportation//Economics of railways. – 2012. – No. 12. – p. 96.
11. Baritko A.L., Kurenkov P.V. Organization and technology of foreign trade transportation// Rail transport. – 1998. – No. 8.
12. Mokhonko V.P., Isakov V.S., Kurenkov P.V. Situational management of the transportation process // Transport: science, technology, management. Scientific information collection. – 2004. – No. 11. – p. 14.
13. Mokhonko V.P., Isakov V.S., Kurenkov P.V. Problems of creating a situational and analytical control system for the transportation process in railway transport// Bulletin of transport information. - 2004. – No. 9. – p. 22.
14. Formation of the financial management system: theory, experience, problems, prospects/ Collective monograph: Safronova A.A., Rudakova E.N., Kurenkov P.V., etc. / Moscow, 2018. – 228 p. ISBN: 978-5-907084-31-5

15. Pokrovskaya O.D. Logistics storage and distribution centers as the basis of the terminal network of the region. –Monograph / Novosibirsk, 2012. – 184 p. ISBN: 978-5-94301-276-1
16. Pokrovskaya O.D. The state of transport and logistics infrastructure for coal transportation in Russia // Innovative transport. – 2015. – № 1 (15). – Pp. 13-23.
17. Pokrovskaya O.D. On terminology of objects of terminal and warehouse infrastructure // Mir transport. – 2018. – T. 16. – № 1 (74). – Pp. 152-163.
18. Pokrovskaya O.D. Logistic class of railway stations // Bulletin of the Ural State University of Railway Communications. – 2018. – № 2 (38). – Pp. 68-76.
19. Pokrovskaya O.D. Logistics transport systems of Russia in the conditions of new sanctions// Bulletin of the results of scientific research. – 2022. – No. 1. – pp. 80-94.
20. Pokrovskaya O.D. Terminalistics as a new methodology for the study of transport and logistics systems of regions // Sustainable economic development of regions. Edited by L. Schlossman. Vienna, 2014. pp. 154-175.
21. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Evaluation of transport and storage systems // Achievements in the field of intelligent systems and computer technology. 2020. Vol. 1115. pp. 570-577. DOI: 10.1007/978-3-030-37916-2\_55
22. M Drozdova.A. International sanctions as a means of regulating the world economy // In the collection: Innovative approaches to the development of economics and management in the XXI century. Proceedings of the III Scientific and Practical National Conference. Federal Agency of Railway Transport, FSUE IN PGUPS, 2020. pp. 113-116.
23. Drozdova M.A., Kravchenko L.A. Anti-globalism in the context of modern international economic and legal discourse // Bulletin of the V.N. Tatishchev Volga State University. 2020. Vol. 1. No. 3 (96). pp. 247-253.

24. Drozdova M.A., Kravchenko L.A., Pankov D.A. Digital economy and inflation during the pandemic // In the collection: Innovative approaches to the development of economics and management in the XXI century. Proceedings of the III Scientific and Practical National Conference. FSUE IN PGUPS, 2020. pp. 11-14.
25. Belyaev I. A., Mikheev V. P., Shiyan V. A. Current collector and current collectors of electric rolling stock. – M.: Transport, 1976. – 184s.
26. Automated system for diagnosing the condition of electric rolling stock current collectors based on a video measuring complex [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-sistema-dagnostiki-sostoyaniya-tokopriemnikov-elektropodvizhnogo-sostava-na-osnove-videoizmeritelnogo/viewer> (Date of reference: 10/19/2022).
27. Baranovsky A.M., Silantyev S.B., Smolitsky H.L., Yafrafov M.F., Synthesis of a neuropodic Hopfield network for solving systems of linear algebraic equations. News of higher educational institutions. Instrumentation. 1994. Vol. 37. No. 3-4. pp. 47-51.
28. Gluhov A., Baranovskiy A., Fomenko Y., Bochkov A. A d a p t e d Model Neural-Like Hopfield Network and the Algorithm of Its Training for Finding the Roots Systems of Linear Algebraic Equations. Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. V. 229. P. 386-395.

## **ДАнные ОБ АВТОРАХ**

### **В.С. Язынин**

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I  
пр-т Московский, 9, г. Санкт-Петербург, 190031, Российская Федерация  
nttk@pgups.ru*

### **А.М. Барановский**

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I  
пр-т Московский, 9, г. Санкт-Петербург, 190031, Российская Федерация*

**А.А. Воробьев**

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I  
пр-т Московский, 9, г. Санкт-Петербург, 190031, Российская Федерация*

**И.Ю. Романова**

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I  
пр-т Московский, 9, г. Санкт-Петербург, 190031, Российская Федерация*

**DATA ABOUT THE AUTHORS**

**V.S. Yazinin**

*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University  
9, Moskovsky Ave., St. Petersburg, 190031, Russian Federation  
nttk@pgups.ru*

**A.M. Baranovskiy**

*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University  
9, Moskovsky Ave., St. Petersburg, 190031, Russian Federation*

**A.A. Vorobyev**

*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University  
9, Moskovsky Ave., St. Petersburg, 190031, Russian Federation*

**I.Yu. Romanova**

*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University  
9, Moskovsky Ave., St. Petersburg, 190031, Russian Federation*

Поступила 10.01.2023

После рецензирования 25.01.2023

Принята 29.01.2023

Received 10.01.2023

Revised 25.01.2023

Accepted 29.01.2023