

УДК 336.7:004.896

## Интегрирование искусственного интеллекта в функциональное тестирование критической информационной инфраструктуры железнодорожного транспорта

**Лецкий Эдуард Константинович**

— д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Цифровые технологии управления транспортными процессами». Научные интересы: информационные системы, обработка больших данных, моделирование надежности. E-mail: letzky@mail.ru

**Гуров Антон Иванович**

— магистр, аспирант кафедры «Цифровые технологии управления транспортными процессами». Научные интересы: информационные системы, обработка больших данных, моделирование надежности. E-mail: gur.16@mail.ru

Российский университет транспорта, Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

**Для цитирования:** Лецкий Э. К., Гуров А. И. Интегрирование искусственного интеллекта в функциональное тестирование критической информационной инфраструктуры железнодорожного транспорта // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2025. № 1 (41). С. 14–19. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-141-14-19

**Аннотация.** Рассмотрены основные направления использования искусственного интеллекта в функциональном тестировании критической информационной инфраструктуры системы бронирования и продажи билетов на железнодорожном транспорте с целью повышения эффективности, надежности и скорости тестирования, а также сокращения затрат и рисков, связанных с потенциальными сбоями и отказами системы. **Метод исследования:** анализ возможностей методов искусственного интеллекта для совершенствования технологий функционального тестирования. **Результаты исследования:** предложено использовать методы искусственного интеллекта при построении оптимальных тестов, выборе стратегий тестирования, а также при прогнозировании сбоев и отказов автоматизированной системы управления бронированием и продажей билетов. **Практическая значимость** заключается в возможности повышения эффективности функционального тестирования систем критической информационной инфраструктуры железнодорожного транспорта.

**Ключевые слова:** функциональное тестирование, искусственный интеллект, железнодорожный транспорт, критические информационные инфраструктуры, цифровые технологии

**1.2.1** — искусственный интеллект и машинное обучение (технические науки); **2.9.8** — интеллектуальные транспортные системы (технические науки)

### Введение

С развитием искусственного интеллекта, технологий больших данных, сенсорных устройств и интернета вещей транспортная система превращается в высокотехнологичный организм, способный оптимизировать грузовые перевозки, повысить безопасность и обеспечить комфортное перемещение пассажиров.

Технологии искусственного интеллекта позволяют решать большое количество новых задач, которые ранее не решались или решались недостаточно эффективно. Например, последние исследования показывают, что в задачах классификации изображений современные системы искусственного интеллекта уже превзошли возможности человека, а технологии нейронных сетей открывают

колоссальный потенциал для автоматизации процессов решения множества задач, в частности на железнодорожном транспорте [1].

Железнодорожный транспорт играет жизненно важную роль в экономике и повседневной жизни общества. Критические информационные инфраструктуры (КИИ) железнодорожного транспорта — это совокупность информационных систем и сетей передачи данных, от бесперебойной работы которых зависят безопасность, надежность и эффективность функционирования железнодорожной системы в целом. Отказ или сбой в работе этих систем может привести к разрушению или значительному ухудшению транспортной инфраструктуры, экономическим потерям, рискам для жизни и здоровья людей. В состав объектов железнодорожного транспорта с КИИ входит множество информационных систем, поддерживающих различные функции, обеспечивающие работу железнодорожного транспорта. В данной статье рассматриваются КИИ системы бронирования и продажи билетов на железнодорожном транспорте (АСУ «Экспресс» [2]), входящей в установленный нормативными документами перечень объектов с критической информационной инфраструктурой [3]. Одним из способов обеспечения надежности и безопасности критической информационной инфраструктуры является проведение ее непрерывного или циклического функционального тестирования. Функциональное тестирование АСУ «Экспресс» предназначено для обеспечения готовности системы к выполнению запросов пользователей. Эффективность тестирования зависит от многих факторов, таких, например, как качество тестов и стратегия тестирования (частота и порядок запуска тестов), интенсивность поступления запросов, квалификация пользователей (возможность ошибок при работе с системой) и пр. Интеграция искусственного интеллекта в функциональное тестирование может существенно улучшить его эффективность.

### Основная часть

В настоящее время АСУ «Экспресс» объединяет более 7000 пользователей и каналов обслужива-

ния. За сутки в АСУ «Экспресс» поступает более 10 миллионов обращений, при этом в пиковые периоды система должна обрабатывать не менее 2000 обращений каналов обслуживания в секунду [2]. При обработке указанных объемов данных любые инциденты (сбои, отказы, ошибки при работе с системой и пр.) могут привести к существенному ухудшению качества обслуживания пользователей.

Появляется потребность в системе проведения автоматизированных функциональных тестов с использованием искусственного интеллекта для выявления и быстрого реагирования на возникающие проблемы.

По своей сути искусственный интеллект — комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека или превосходящие их. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений [4]. Искусственный интеллект может принимать решения, делать переводы текстов, анализировать исторические данные и многое другое, на что ранее было способно только человеческое мышление. Кроме того, модели, создаваемые с использованием искусственного интеллекта, имеют высокую адаптивность и гибкость, что позволяет им обучаться на новых данных и подстраиваться под изменяющиеся условия.

Рассмотрим задачи, решение которых с использованием методов искусственного интеллекта позволит повысить эффективность функционального тестирования системы АСУ «Экспресс» на железнодорожном транспорте:

1. Выявление степени влияния внешних (время года, время суток, погода и пр.) и внутренних (интенсивность потока запросов, состояние инфраструктуры и пр.) факторов на вероятность инцидента (сбоя, отказа информационной инфраструктуры).

2. Построение оптимальных (по заданным критериям) тестов для различных целей тестирования.

3. Выбор стратегии тестирования (последовательности тестов) для заданной совокупности значений внешних и внутренних факторов.

4. Прогнозирование сбоев и отказов для заданной совокупности значений внешних и внутренних факторов.

В контексте функционального тестирования процессов бронирования билетов железнодорожного транспорта с помощью информационных ресурсов тестирование проводится запуском средств автоматизации, с использованием предопределенных тестировщиком кейс-тестов. Кейс-тест — это набор тестовых входных данных, условий выполнения и ожидаемых результатов, разработанный для конкретной цели, например для отработки определенного пути программы или проверки соответствия определенному требованию [5]. Тестирование проводится на промышленных серверах в режиме реального времени.

Агент моделируется как виртуальный пользователь, который взаимодействует с сайтом или мобильным приложением, изучает среду сайта, определяя действия (нажатие кнопок, заполнение форм с данными и т. д.), а также результаты этих действий (переходы между страницами, ошибки заполнения и нажатий, ошибки поведения и раз-

рыва коннекта). Для начала осуществляется сбор данных о взаимодействии реальных пользователей с сайтом продажи билетов, которые потребуются для создания реалистичной среды обучения. На следующем этапе производится настройка агента, определяются возможные действия, которые искусственный интеллект может предпринять, и опощрение, которое получает за выполнение определенных задач. На этапе обучения производится запуск агента в смоделированной среде, где он взаимодействует с сайтом, искусственный интеллект получает обратную связь, тем самым постепенно обучается оптимальной стратегии тестирования. После обучения искусственный интеллект может генерировать тестовые стратегии, которые покрывают различные функциональные пути сайта. Автоматизация выполнения тестовых стратегий с использованием виртуальных пользователей или инструментов автоматизации является заключительным этапом перед анализом результатов тестов для выявления дефектов, улучшения покрытия и оптимизации стратегии тестирования.

В данном случае искусственный интеллект является функциональной надстройкой и интегрируется в подсистему функционального тестирования с целью повышения ее эффективности. Пример архитектуры подсистемы функционального тестирования представлен на рис. 1.

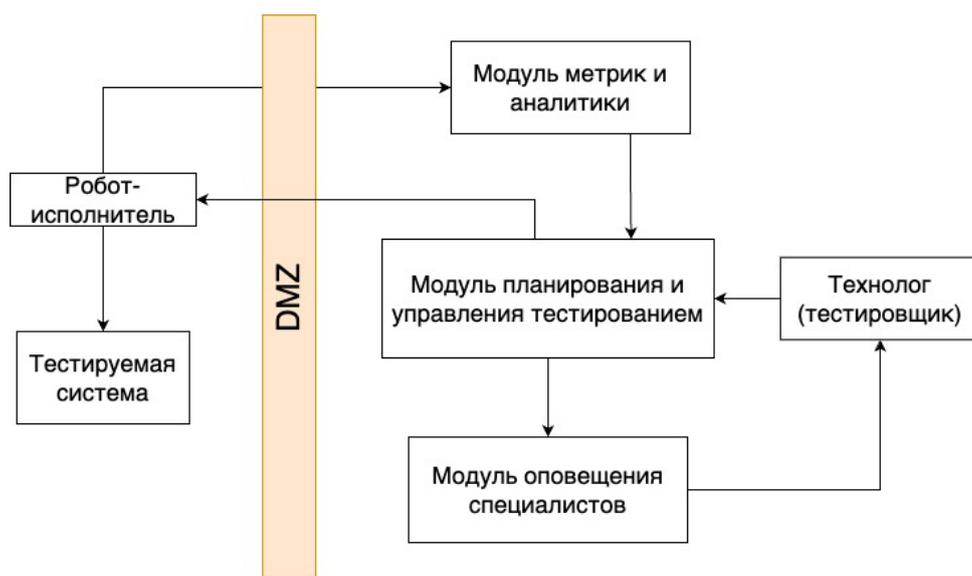


Рис. 1. Архитектура подсистемы функционального тестирования

Подсистема функционального тестирования состоит из нескольких модулей. Исполнителями являются автоматизированные роботы, которые выполняют последовательность кейс-тестов на тестируемых модулях. В целях безопасности передачи данных по сети между исполнителями и внутренними модулями с основной логикой используется демилитаризованная зона. Демилитаризованная зона (DMZ) — сегмент сети, содержащий общедоступные сервисы. Целью DMZ является обеспечение дополнительной безопасности в локальной сети, позволяющей минимизировать ущерб в случае атаки на один из общедоступных сервисов, так как злоумышленник не будет иметь прямого доступа к оборудованию за ее пределами. В нашем случае это сайт и приложение бронирования билетов на железнодорожном транспорте, находящиеся в открытом доступе. Искусственный интеллект, взаимодействующий с модулем планирования и управления тестированием, позволит составлять оптимальные стратегии тестирования и их графики проведения. Осуществление контроля сформированного искусственным интеллектом графика запуска и кейс-тестов остается за технологом (тестировщиком). Вторым важным по значимости является модуль аналитики и метрик, который непрерывно осуществляет мониторинг тестируемых систем и хранит результаты в базе данных. Накопленная информация может быть использована при предиктивном анализе сбойных ситуаций и отказов с помощью методов искусственного интеллекта.

Кроме того, подсистема включает модуль оповещения специалистов, позволяющий технологам оперативно управлять всеми механизмами функционирующей системы как с мобильного устройства, так и с рабочего компьютера через имеющиеся безопасные каналы связи.

## Заключение

Применение искусственного интеллекта для функционального тестирования сайта и приложения бронирования билетов на железнодорожном транспорте может значительно повысить эффективность тестирования, сократить время на поиск и исправление ошибок, а также улучшить качество взаимодействия с клиентами.

Исследования в области интеграции искусственного интеллекта в функциональное тестирование критической информационной инфраструктуры железнодорожного транспорта целесообразно продолжить в следующих направлениях: использование методов машинного обучения для адаптации стратегий функционального тестирования в реальном времени в ответ на изменяющиеся условия и выявление потенциальных уязвимостей [6–8]; разработка интеллектуальных систем для анализа больших объемов данных, получаемых от сенсоров и пользовательских взаимодействий, для прогнозирования и предотвращения сбоев или отказов системы [9, 10].

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Попов П. А. Применение технологий искусственного интеллекта для железнодорожного транспорта // Вестник института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2024. № 1 (65). С. 38–41.
2. Якимова С. АСУ «Экспресс-3»: как управлять пассажирским комплексом // РЖДЦифровой. 2024. 18 июля. URL: <http://rzddigital.ru/projects/asu-ekspress-3-kak-upravlyat-passazhirskim-kompleksom/> (дата обращения: 29.01.2025).
3. Перечень типовых отраслевых объектов критической информационной инфраструктуры, функционирующих в сфере транспорта. Опубликовано 16.08.2024. 22 с. URL: <http://www.mintrans.gov.ru/documents/8/13678> (дата обращения: 29.01.2025).
4. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490: ред. от 15 февраля 2024 г. № 124.
5. IEEE/ISO/IEC 24765:2017. ISO/IEC/IEEE International Standard — Systems and Software Engineering — Vocabulary. Published 28 August 2017. New York (NY): The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017. 541 p. DOI: 10.1109/IEEESTD.2017.8016712.

6. A Literature Review of Artificial Intelligence Applications in Railway Systems / R. Tang, L. De Donato, N. Bešinović, et al. // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2022. Vol. 140, Art. No. 103679. 25 p. DOI: 10.1016/j.trc.2022.103679.
7. Deep Learning for Trajectory Data Management and Mining: A Survey and Beyond / W. Chen, Y. Liang, Y. Zhu, et al. // *arXiv*. 2024. Vol. 2403.14151. 25 p. DOI: 10.48550/arXiv.2403.14151.
8. Feroz Khan A. B., Perl I. Integrating Machine Learning and Deep Learning in Smart Cities for Enhanced Traffic Congestion Management: An Empirical Review // *Journal of Urban Development and Management*. 2023. Vol. 2, Iss. 4. Pp. 211–221. DOI: 10.56578/judm020404.
9. A Systematic Survey on Big Data and Artificial Intelligence Algorithms for Intelligent Transportation System / S. Abirami, M. Pethuraj, M. Uthayakumar, P. Chitra // *Case Studies on Transport Policy*. 2024. Vol. 17, Art. No. 101247. 18 p. DOI: 10.1016/j.cstp.2024.101247.
10. Boukerche A., Tao Y., Sun P. Artificial Intelligence-Based Vehicular Traffic Flow Prediction Methods for Supporting Intelligent Transportation Systems // *Computer Networks*. 2020. Vol. 182, Art. No. 107484. 21 p. DOI: 10.1016/j.comnet.2020.107484.

Дата поступления: 09.02.2025

Решение о публикации: 26.02.2025

## Artificial Intelligence Integrated into Functional Testing of Critical Information Infrastructure of Railway Transport

**Eduard K. Letsky** — Dr. Sci. in Engineering, Professor, Professor of the Department “Digital technologies for transportation process management”. Research interests: information systems, big data processing, reliability modeling. E-mail: letsky@mail.ru

**Anton I. Gurov** — Master of Engineering Sciences, Postgraduate Student of the Department “Digital technologies for transportation process management”. Research interests: information systems, big data processing, reliability modelling. E-mail: gur.16@mail.ru

Russian University of Transport, 9, bld. 9, Obraztsova str., Moscow, 127994, Russia

**For citation:** Letsky E. K., Gurov A. I. Artificial Intelligence Integrated into Functional Testing of Critical Information Infrastructure of Railway Transport. *Intellectual Technologies on Transport*, 2025, No. 1 (41), pp. 14–19. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-141-14-19. (In Russian)

**Abstract. Purpose:** AI-driven functional testing of the critical information infrastructure such as a railway ticket booking and sales system is considered in order to increase the efficiency, reliability and speed of testing, as well as to reduce costs and risks associated with potential system failures. **Methods:** analyzing the potential of artificial intelligence methods for improving functional test technologies. **Results:** it is proposed to use artificial intelligence methods in constructing optimal tests and selecting test strategies, as well as in failure prediction in the automated ticket booking and sales system. **Practical significance:** increased functional test efficiency of critical information infrastructure systems of railway transport.

**Keywords:** functional testing, artificial intelligence, railway transport, critical information infrastructures, digital technologies

## REFERENCES

1. Popov P. A. Primenenie tekhnologiy iskusstvennogo intellekta dlya zheleznodorozhnogo transporta [Application of AI Technologies in Railway Transport], *Vestnik instituta problem estestvennykh monopoliy: Tekhnika zheleznykh dorog [Railway Equipment]*, 2024, No. 1 (65), Pp. 38–41. (In Russian)
2. Yakimova S. ASU “Ekspress-3”: kak upravlyat passazhirskim kompleksom [ACS “Express-3”: How to Manage a Passenger Complex], *RZhD Tsifrovoy [RZD.Digital]*. Published online July 18, 2024. Available at: <http://rzdigital.ru/projects/asu-ekspress-3-kak-upravlyat-passazhirskim-kompleksom/> (accessed: 29.01.2025). (In Russian)
3. Perechen tipovykh otraslevykh obektov kriticheskoy informatsionnoy infrastruktury, funktsioniruyushchikh v sfere transporta [List of typical industry objects of critical information infrastructure operating in the field of transport]. Published online August 16, 2024. Available at: <http://www.mintrans.gov.ru/documents/8/13678> (accessed: 29.01.2025). (In Russian)
4. O razvitii iskusstvennogo intellekta v Rossiyskoy Federatsii [On the Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation]: Decree of the President of the Russian Federation of October 10, 2019 No. 490 (as amended on February 15, 2024 No. 124). (In Russian)
5. IEEE/ISO/IEC 24765:2017. ISO/IEC/IEEE International Standard — Systems and Software Engineering — Vocabulary. Published August 28, 2017. New York (NY), The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017, 541 p. DOI: 10.1109/IEEESTD.2017.8016712.
6. Tang R., De Donato L., Bešinović N., et al. A Literature Review of Artificial Intelligence Applications in Railway Systems, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2022, Vol. 140, Art. No. 103679, 25 p. DOI: 10.1016/j.trc.2022.103679.
7. Chen W., Liang Y., Zhu Y., et al. Deep Learning for Trajectory Data Management and Mining: A Survey and Beyond, *ArXiv*, 2024, Vol. 2403.14151, 25 p. DOI: 10.48550/arXiv.2403.14151.
8. Feroz Khan A. B., Perl I. Integrating Machine Learning and Deep Learning in Smart Cities for Enhanced Traffic Congestion Management: An Empirical Review, *Journal of Urban Development and Management*, 2023, Vol. 2, Iss. 4, Pp. 211–221. DOI: 10.56578/judm020404.
9. Abirami S., Pethuraj M., Uthayakumar M., Chitra P. A Systematic Survey on Big Data and Artificial Intelligence Algorithms for Intelligent Transportation System, *Case Studies on Transport Policy*, 2024, Vol. 17, Art. No. 101247, 18 p. DOI: 10.1016/j.cstp.2024.101247.
10. Boukerche A., Tao Y., Sun P. Artificial Intelligence-Based Vehicular Traffic Flow Prediction Methods for Supporting Intelligent Transportation Systems, *Computer Networks*, 2020, Vol. 182, Art. No. 107484, 21 p. DOI: 10.1016/j.comnet.2020.107484.

Received: 09.02.2025

Accepted: 26.02.2025