

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

К. И. КОРНИЕНКО

*Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте, г. Москва, Российская Федерация*

Искусственный интеллект находит все большее применение в различных областях жизнедеятельности человека. Не исключением является и железнодорожный транспорт. За последние годы холдинг «Российские железные дороги» активно внедряет системы с искусственным интеллектом [1–15].

Сегодня основная задача АО «НИИАС» в цифровизации инфраструктурного комплекса с использованием технологий искусственного интеллекта – довести существующие технологии до их промышленной применимости. В отличии от применения искусственного интеллекта в других отраслях применение искусственного интеллекта в железнодорожном транспорте сопряжено с рядом значительных проблем.

Наиболее проработанными являются системы диагностики подвижного состава и инфраструктуры. Необходимо отметить, что системы диагностики строятся на основании лазерного сканирования, машинного зрения, достаточно большой перечень параметров выявляется с помощью бортовых датчиков, акустического контроля и тензометрия.

Здесь можно выделить первый акцент развития систем искусственного интеллекта – **достоверность**. Сегодня в большинстве приложений достоверность составляет более 99 %. Однако для железнодорожного транспорта данный показатель надо увеличивать, вплоть до возможности проведения метрологической поверки для систем с искусственным интеллектом.

На сети железных дорог широкое внедрение получил диагностический комплекс Пост автоматизированного приема и диагностики подвижного состава на сортировочных станциях (далее – ППСС) – первый масштабный проект, позволяющий получать достоверную и объективную информацию о состоянии вагонного парка практически в режиме реального времени.

Сейчас АО «НИИАС» работает над автоматизированной системой контроля состояния локомотивов (далее – АСКОЛ). АСКОЛ автоматизирует контроль более 100 различных параметров, обнаруживает дефекты поверхности катания колесных пар, осуществляет лазерный контроль, автоматически контролирует параметры токоприемников, состояние рессор, колесных пар и колодок.

Съем данных – это только первый этап. Если вагон или локомотив находится в опасной зоне, то его отцепляют и направляют на ремонт. Второй важный аспект внедрения искусственного интеллекта – **предиктивность**. Системы предиктивной аналитики опираются на большие объемы данных, полученные в разное время и от разных источников информации.

Для ППСС и АСКОЛ ведутся разработки, связанные с реализацией нового организационно-технологического подхода на основе полученных цифровых данных. Он позволит итерационно улучшить состояние вагонного парка, курсирующего на сети.

Для крупных сортировочных станций создаются целые цифровые двойники, которые используя методы предиктивной аналитики, позволяют предсказывать поведение станции при изменении технологии или технических средств.

Внедрение предиктивной аналитики является одним из логичных шагов развития систем на основе искусственного интеллекта. Примером этого является комплекс компьютерного зрения в сортировочном парке (далее – КЗСП). КЗСП разрабатывался для контроля заполнения путей в сортировочном парке: местоположения отцепов в сортировочном парке и расчета окон между вагонами.

Уже в процессе эксплуатации был выявлен целый ряд точек дальнейшего развития КЗСП. Важнейшей является инновационная функция диагностики состояния профиля сортировочных путей в реальном времени.

Сегодня в условиях массового несоответствия профилей путей сортировочных парков проектным значениям на основе данных КЗСП мы можем, во-первых, повысить адаптивность алгоритмов роспуска, это сегодня можно сказать, глаза системы автоматического роспуска. С другой стороны,

мы можем перейти к адресному обслуживанию путей сортировочного парка по состоянию. Необходимо отметить, что КЗСП собирает информацию в процессе эксплуатации, т. е. никто не прерывает работу сортировочной горки для съемки профиля. Сотрудники в любое время могут открыть съемку профиля и увидеть места, которые могут представлять угрозу для роспуска.

Предиктивность должна в первую очередь заключаться в объединении данных от большого количества датчиков. Далее необходимо вести цифровую модель. Здесь можно отметить третий аспект применения искусственного интеллекта – **применяемость**. Применение искусственного интеллекта требует значительных аппаратных платформ для обработки данных. На сегодняшний день некоторые производители уже предлагают устройства технического зрения, которые сами могут обрабатывать изображения с помощью интегрированных чипов искусственного интеллекта.

Также необходимо учитывать промышленный конструктив изделий для обеспечения решений вопросов соблюдения требований устойчивости к механическим и климатическим воздействиям, электромагнитной совместимости. К примеру, в ППСС разработано специальное напольное оборудование, устанавливаемое в колею. Оно состоит из 6 камер, которые производят съемку подвижного состава снизу. Защита камер осуществляется двумя способами. Первый – это механическая защита с помощью кожуха. В нормальном состоянии кожух закрыт, открывается он только при необходимости съемки. Второй способ – это воздушная защита: с помощью специальной системы воздуховодки на камеры не попадает грязь, снег или мелкие камни.

Железнодорожный транспорт также характеризуется повышенными требованиями к уровню безопасности перевозочного процесса. Сегодня вопросами функциональной безопасности занимается целая наука. И сейчас отсутствуют методы доказательства безопасности искусственного интеллекта. Последним аспектом внедрения искусственного интеллекта является – **безопасность**.

Любая система, связанная с обеспечением безопасности движения, должна проходить доказательство функциональной безопасности. Сложность доказательства безопасности искусственного интеллекта связана с тем, что система представляет собой черный ящик, в котором нет строго заданных алгоритмов работы. Поэтому связь между входом и выходом системы невозможно проследить.

В качестве одного из решений проблемы сейчас предлагается построение многоуровневых систем. Базовые функции безопасности возлагаются на искусственном интеллекте с уровнем полноты безопасности (УПБ1). Основные функции безопасности должны решаться на уровне программно-аппаратных подсистем с заданной жесткой логикой. Этим программно-аппаратным подсистемам необходимо задавать УПБ4.

#### Список литературы

- 1 Компьютерное зрение для контроля сортировочных процессов / А. Е. Хатламаджян, И. А. Ольгейзер, А. В. Суханов, В. В. Борисов // Автоматика, связь, информатика. – 2021. – № 3. – С. 8–11. – DOI: 10.34649/AT.2021.3.3.002.
- 2 Компьютерное зрение как способ интеллектуализации систем горочной автоматизации / И. А. Ольгейзер, А. В. Суханов, А. М. Лященко, Д. В. Глазунов // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2022. – № 1. – С. 46–53. – DOI: 10.52261/02346206\_2022\_1\_46.
- 3 Цифровая железнодорожная станция - от концепции к реальному внедрению / В. Е. Андреев, А. И. Долгий, В. В. Кудюкин [и др.] // Автоматика, связь, информатика. – 2023. – № 9. – С. 2–6. – DOI: 10.34649/AT.2023.9.9.001.
- 4 **Шабельников, А. Н.** Концепция цифровой платформы на сортировочных станциях / А. Н. Шабельников, И. А. Ольгейзер, А. В. Суханов // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19, № 1 (92). – С. 60–73. – DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-1-60-73.
- 5 **Шабельников, А. Н.** Цифровизация сортировочного комплекса / А. Н. Шабельников, В. В. Дмитриев, И. А. Ольгейзер // Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 1. – С. 19–22.
- 6 **Шабельников, А. Н.** Горочный тренажер на базе цифрового двойника / А. Н. Шабельников, В. И. Хабаров, И. А. Ольгейзер // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 10. – С. 8–10. – DOI: 10.34649/AT.2020.10.10.002.
- 7 Роль цифровых технологий в развитии сортировочных станций / А. Н. Шабельников, И. А. Ольгейзер, В. В. Борисов, А. В. Суханов // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 7. – С. 2–5. – DOI: 10.34649/AT.2020.7.7.001.
- 8 Safety Control of the Use of Technical Vision Systems on Hump Humps / K. I. Kornienko, P. Borovlev, K. Maksimov [et al.] // Proceedings of the Eighth International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IIT’24), Harbin, 1–7 нояб. / 2024 г. – Vol. 1209-1. – Springer: Springer, 2024. – Р. 62–69. – DOI: 10.1007/978-3-031-77688-5\_7.
- 9 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669632 Российской Федерации. Программный комплекс устройства счета и контроля расцепа вагонов на горбе сортировочной горки (УСКР) : № 2023669059 : заявл. 18.09.2023 : опубл. 18.09.2023 / К. И. Корниенко, К. Ю. Максимов, И. А. Ольгейзер [и др.] ; заявитель АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте».

10 Identification of Critical States of Technological Processes Based on Predictive Analytics Methods / S. M. Kovalev, I. A. Olgeizer, A. V. Sukhanov, K. I. Kornienko // Automation and Remote Control. – 2023. – Vol. 84, № 4. – P. 424–433. – DOI: 10.1134/S0005117923040100.

11 Инновационные алгоритмы машинного зрения для диагностики продольного профиля сортировочных путей / А. И. Долгий, А. Е. Хатламаджиян, И. А. Ольгейзер [и др.] // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 8. – С. 7–9. – DOI: 10.34649/AT.2022.8.8.002.

12 **Ольгейзер, И. А.** Применение систем технического зрения для повышения уровня полноты безопасности / И. А. Ольгейзер, К. И. Корниенко, С. Ю. Гришаев // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году качества. Гомель, 21–22 нояб. 2024 г. В 2 ч. Ч. 1. – Гомель : БелГУТ, 2024. – С. 227–229.

13 Устройство счета и контроля расцепа вагонов / И. А. Ольгейзер, А. В. Суханов, К. И. Корниенко, П. В. Боровлев // Автоматика, связь, информатика. – 2024. – № 5. – С. 9–11. – DOI: 10.62994/AT.2024.5.5.001.

14 Патент № 2836946 С1 Российской Федерации, МПК B61K 9/08, B61J 3/02, G01P 3/68. Способ содержания путей железнодорожного сортировочного парка на основе данных видеоаналитики : заявл. 24.09.2024: опубл. 24.03.2025 / К. И. Корниенко, И. А. Ольгейзер, Д. А. Рыжов [и др.] ; заявитель Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте».

15 Метод оптической идентификации железнодорожных подвижных единиц на основе интегральных устойчивых признаков / А. В. Суханов, И. С. Артемьев, А. И. Долгий, А. Е. Хатламаджиян // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 4 (27). – С. 118.

УДК 621-192:519.816

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Н. Г. ПЕНЬКОВА, С. В. ИПАТОВ

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте, г. Москва, Российская Федерация

В современных аппаратно-программных комплексах систем железнодорожной автоматики и телемеханики отказы носят внезапный характер и обеспечение их безопасности и надежности базируется на основах теории дискретных устройств. Тогда как для механических элементов подвижного состава характерна постепенная деградация показателей прочностных характеристик, влияющих на надежность и безопасность перевозочного процесса.

Обеспечение безопасности механических изделий (таких как элементы ходовой части, тормозные системы, сцепные устройства) является критически важной задачей в железнодорожном транспорте. Традиционные подходы к оценке надежности, основанные на моделях потоков внезапных отказов (например, марковские модели для систем автоматики), неприменимы для механических объектов, чьи отказы носят постепенный, износовый характер.

Механическое изделие обладает некоторыми контролируемыми параметрами  $S$ , по значениям которых можно судить о его состоянии исправности. Существует номинальное (эталонное) значение  $\mu$ , при котором изделие функционирует оптимально. На этапе производства основной целью является достижение такого значения параметра  $S$ , которое будет максимально приближено к значению  $\mu$ , т. е. однозначно отвечает диапазону «исправное состояние». Однако по естественным причинам реализация процесса производства приводит к возникновению случайной величины, характеризующей отклонение фактического значения параметра от требуемого ( $\Delta$ ). Таким образом, фактическое значение параметра также является случайной величиной, которая подчиняется закону нормального распределения.

На рисунке 1 представлена графическая интерпретация нормального распределения, характерного для данного явления, в котором:

– имеется сильная тенденция данных группироваться вокруг центра (все производимые образцы изделия потенциально имеют одно и то же значение параметра  $S_{исп}$ );

– положительные и отрицательные отклонения от центра равновероятны (недостаточно качественное производство с одинаковой вероятностью может привести к изменению значения параметра как в положительную, так и в отрицательную сторону  $[S_{исп} - \Delta; S_{исп} + \Delta]$ );