

Применение технологий искусственного интеллекта для железнодорожного транспорта



П.А. Попов,
к.т.н., заместитель генерального директора —
директор СПбФ АО «НИИАС»

Технологии искусственного интеллекта позволяют решать большое количество новых задач, которые ранее не решались с помощью обычных методов автоматизации. Например, последние исследования показывают, что в задачах классификации изображений передовые системы искусственного интеллекта уже превзошли способности человека, а новые возможности на основе технологий нейронных сетей открывают колоссальный потенциал для реализации рутинных задач на железнодорожном транспорте.

ИИ и техническое зрение локомотива

Основные варианты применения технологий искусственного интеллекта изложены в предварительном национальном стандарте «Искусственный интеллект на железнодорожном транспорте. Варианты использования», подготовленным в 2023 году [1]. В АО «НИИАС» работы с применением нейронных сетей начались в 2017 году с задачи автоматизации движения маневровых локомотивов в части реализации технического зрения локомотива.

Основной целью данной работы является контроль окружающей обстановки для обнаружения препятствий, детектирования объектов инфраструктуры, определения погодных условий. Данная задача решается за счет применения комплекса сенсоров, таких как оптические камеры с разным фокусным расстоянием, тепловизоры, лидары, ультразвуковые датчики. Примерная схема состава оборудования приведена на рисунке 1.

Комплексирование большого потока данных от датчиков с разной физиче-

ской сущностью позволяет достичь лучших по сравнению с человеком характеристик обнаружения. Важно отметить, что для железнодорожного подвижного состава характерен значительный тормозной путь, соответственно, и препятствия необходимо обнаруживать на большем расстоянии.

В части обработки данных с сенсоров применяются следующие технологии искусственного интеллекта:

- семантическая сегментация;
- детектирование объектов для обнаружения препятствий и объектов инфраструктуры;
- классификация объектов;
- оценка глубины по данным камеры;
- трехмерная кластеризация объектов;
- обнаружение аномалий;
- определение поз человека;
- генеративные сети GAN.

На рисунке 2 показан электропоезд ЭС2Г «Ласточка» с сенсорами в соответствии со схемой на рисунке 1.

Семантическая сегментация данных от сенсоров

Семантическая сегментация применяется для детектирования железнодорожного пути и является основой для последующих алгоритмов детектирования и классифика-

ции объектов. Согласно последним данным, на основе датасета Cityscapes параметр mIoU (степень совпадения предсказанных пикселей и реальных) улучшился за последние

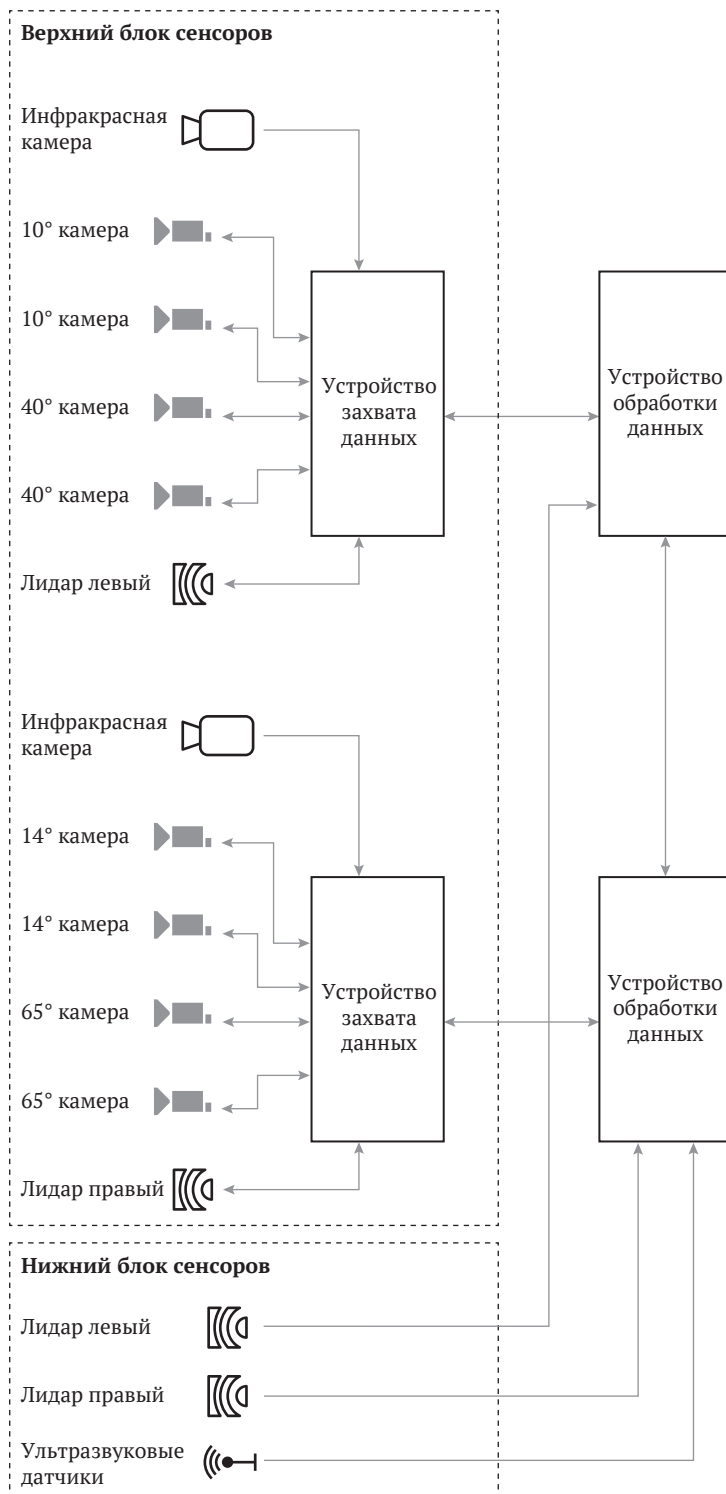


Рис. 1. Структурная схема технического зрения для электропоезда «Ласточка»

годы на десятки процентов и достиг 85–90% с выходом на плато.

В рамках работ АО «НИИАС» по семантической сегментации искусственный интеллект определяет железнодорожный путь и вагоны. За счет использования значительно большего датасета и двух классов объектов

значение параметра mIoU составляет около 92–94%. Пример семантической сегментации показан на рисунке 3. Дальнейшая обработка за счет использования бортовой системы позиционирования и высокоточных карт позволяет улучшить параметры обнаружения колеи.



Рис. 2. Электропоезд ЭС2Г «Ласточка» с сенсорами технического зрения



Рис. 3. Пример семантической сегментации колеи и вагонов

Распознавание объектов на пути

В части детектирования объектов используются алгоритмы искусственного интеллекта для определения людей, светофоров, маршрутных указателей, временных знаков, крупных животных, столбов. Важно отметить, что можно обнаружить только те объекты, которым обучена система. В то же время на пути движения поезда может оказаться препятствие любой формы и цвета. Для обнаружения подобных объектов используются алгоритмы искусственного интеллекта для оценки глубины, дающие облако точек по аналогии со стереокамерой или лидаром. Также возможным способом обнаружения неклассифицируемых объектов является применение нейронных сетей для выявления аномалий пути.

Таким образом, поиск препятствий и определение элементов инфраструктуры выполняются одновременно несколькими способами, что существенно повышает вероятность обнаружения. Разработанная система обнаружения имеет высокую чувствительность, что минимизирует возможность

пропуска препятствия, но повышает вероятность ложного обнаружения.

В автоматическом режиме каждый поезд движется в соответствии с расписанием или заданной технологической операцией без вмешательства людей. Контроль движения подвижного состава осуществляет машинист-оператор. Так как обнаружение препятствия на пути является нештатной ситуацией, то при каждом подобном событии происходит оповещение машиниста-оператора. В случае ложного обнаружения удаленный машинист отменяет торможение поезда.

Дополнительно нейронные сети используются для обнаружения временных и ручных сигналов. К примеру, вращение рукой означает команду на остановку поезда. Для определения данного сигнала используются нейронные сети анализа поз человека.

Генеративные сети GAN применяются для увеличения размера датасета, формируя необычные препятствия, снег, туман и другие возможные элементы.

Голосовое управление на основе ИИ

При реализации работ по автоматизации маневрового движения возникла задача взаимодействия маневрового локомотива без машиниста и составителя. При текущей работе составитель подает команды машинисту посредством голосовой радиосвязи. Однако в случае беспилотного локомотива необходимо изменить процесс взаимодействия. Наиболее простым подходом является использование переносного пульта с набором кнопок. Однако зимой

в перчатках составителю неудобно, а порой и крайне сложно нажать необходимую кнопку. Поэтому в настоящий момент специалисты АО «НИИАС» отработывают технологию распознавания голосовых команд на основе искусственного интеллекта. В то же время для безопасности оставлена одна красная кнопка, позволяющая блокировать движение беспилотного локомотива в случае проблемы с распознаванием или другой нештатной ситуацией.

Работа ИИ с данными

Важными вопросами в части развития искусственного интеллекта являются наличие и размер датасетов — набор данных с сенсоров, где размечены объекты, которые необходимо обнаруживать и распознавать. Современные исследования показывают, что наилучшие результаты достигаются при ис-

пользовании для обучения нейронных сетей датасетов огромных размеров. В мире много открытых датасетов, доступных для загрузки и обучения нейронных сетей в области беспилотных автомобилей. Для железнодорожного транспорта набор открытых датасетов крайне ограничен. В 2019 году Ав-

стрийский университет технологий впервые в мире разместил датасет RailSemi [2]. В 2023 году специалисты университета Аахена совместно с цифровым центром немецких железных дорог опубликовали еще один датасет [3]. Обзор открытых датасетов, посвященных железнодорожному транспорту, выполнен в 2022 году [4].

Достижение высоких результатов в части применения технологий искусственного интеллекта возможно только при хорошей организации процесса работы с данными, включающей сбор данных с роботов, разметку данных, хранение данных, обучение нейронных сетей, определение метрик работы нейронных сетей. Причем важно, чтобы эти процессы были максимально автоматизированы. При появлении входных данных, которых нет в датасете, используемом для обучения, система выдает некорректное решение. Широко известен пример, когда техническое зрение для автомобилей обучают только на данных с дневным освещением.



Достижение высоких результатов в части применения технологий искусственного интеллекта возможно только при хорошей организации процесса работы с данными

При работе такой системы ночью происходит сбой, который может привести к аварийной ситуации. Аналогичный пример есть и из нашего опыта: система, обученная на летних и осенних данных, работает некорректно при появлении снега. Поэтому важной задачей является сбор корректного набора данных, который с требуемой вероятностью охватывает все возможные ситуации, которые могут возникнуть при эксплуатации технического зрения. В стандарте ISO/PAS 21448 в Приложении G приведен поток работы с датасетами для задач автоматизации дорожного движения. Подобные стандарты необходимы и для железнодорожной отрасли.

Перспективы ИИ в железнодорожном секторе

В целом наиболее сложным вопросом в части применения технологий искусственного интеллекта является расчет их параметров работы и доказательство безопасности. Как в мире, так и в России ведутся несколько проектов с целью решения данной задачи. Например, в Германии в конце 2023 года завершился проект по верификации и валидации сложных систем для беспилотного автомобильного транспор-

та [5]. Под эгидой ISO/IEC разрабатывается стандарт «Функциональная безопасность и системы с искусственным интеллектом». Практические результаты, демонстрируемые технологиями с искусственным интеллектом, количество проектов по доказательству безопасности нейронных сетей, безусловно, приведут к широкомасштабному внедрению подобных технологий в железнодорожной отрасли.

Литература

1. ПНСТ Искусственный интеллект на железнодорожном транспорте. Варианты использования. 2023.
2. Zendel, Oliver & Murschitz, Markus & Zeilinger, Marcel & Steininger, Daniel & Abbasi, Sara & Beleznaï, Csaba. RailSem19: A Dataset for Semantic Rail Scene Understanding. 1221-1229. 10.1109/CVPRW.2019.00161. 2019.
3. Tagiew, Rustam & Köppel, Martin & Schwalbe, Karsten & Denzler, Patrick & Neumaier, Philipp & Klockau, Tobias & Boekhoff, Martin & Klasek, Pavel & Tilly, Roman. (2023). OSDaR23: Open Sensor Data for Rail. 2023.
4. Pappaterra, Mauro. A Review of Literature and Public Datasets for the Application of Artificial Intelligence in the Railway Industry. 10.13140/RG.2.2.24091.13600/2. 2022.
5. <https://www.vvm-projekt.de/en/final-event>