

УДК 004.932

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ «ОШИБОЧНОГО» КЛАССА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОДВИЖНЫХ ЕДИНИЦ

**Пузеренко А.В.**, инженер 1 категории отделения ИИТЦС, АО «НИИАС», Ростов-на-Дону, Россия, E-mail: a.puzerenko@vniias.ru  
**Максимов К.Ю.**, начальник сектора отделения ИИТЦС, АО «НИИАС», Ростов-на-Дону, Россия, E-mail: k.maksimov@vniias.ru

**Боровлев П.В.**, ведущий инженер-программист отделения ИИТЦС, АО «НИИАС», Ростов-на-Дону, Россия, E-mail: p.borovlev@vniias.ru

**Суханов А.В.**, к.т.н., доцент, заместитель начальника отделения ИИТЦС, АО «НИИАС», Ростов-на-Дону, Россия, E-mail: a.suhanov@vniias.ru

### Аннотация

В работе представлено описание концепции «ошибочного» класса в задаче распознавания номеров железнодорожных подвижных единиц – вагонов и локомотивов. Показаны проблемы существующих алгоритмов распознавания на примере системы контроля и подготовки информации о перемещениях вагонов и локомотивов на станции в реальном времени (СКПИ ПВЛ РВ). Выявлена основная проблема распознавания вагонов и локомотивов, связанная с множественными надписями и визуальными дефектами, не относящимися к инвентарным номерам подвижного состава. Представлено решение данной проблемы путем применения модели Yolov8s.

**Ключевые слова:** распознавание объектов, ошибочный класс, ложноположительные срабатывания, YOLO, железнодорожные вагоны, локомотивы, инвентарные номера, машинное обучение, компьютерное зрение.

## USING THE CONCEPT OF AN "ERRONEOUS" CLASS TO IMPROVE THE QUALITY OF RECOGNITION OF RAILWAY ROLLING STOCK NUMBERS

**Puzerenko A.V.**, engineer of the 1st category of the IITTS department, JSC NIIAS, Rostov-on-Don, Russia, E-mail: a.puzerenko@vniias.ru

**Maximov K.Y.**, Head of the Sector of the IITC Department, JSC NIIAS, Rostov-on-Don, Russia, E-mail: k.maksimov@vniias.ru

**Borovlev P.V.**, Senior Software Engineer at the IITC Department, JSC NIIAS, Rostov-on-Don, Russia, E-mail: p.borovlev@vniias.ru

**Sukhanov A.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the IITC Department, JSC NIIAS, Rostov-on-Don, Russia, E-mail: a.suhanov@vniias.ru

### Abstract

The paper describes the concept of an «erroneous» class in the task of recognizing the numbers of railway moving units – wagons and locomotives. The problems of existing recognition algorithms are shown using the example of a system for monitoring and preparing information about the movements of wagons and locomotives at a station in real time (SKPI PVL RV). The main problem of recognizing wagons and locomotives has been identified, related to multiple inscriptions and visual defects not related to the inventory numbers of rolling stock. A solution to this problem is presented by applying the Yolov8s model.

**Keywords:** object recognition, erroneous class, false positives, YOLO, railway wagons, locomotives, inventory numbers, machine learning, computer vision.

## Введение

Методы распознавания объектов на изображениях (object recognition) [1] получили широкое распространение в области распознавания железнодорожных подвижных единиц уже более 10 лет назад [2, 3, 4]. В будущем, предложенные алгоритмы легли в основу крупных комплексных систем диагностики и контроля подвижного состава, в настоящее время тиражируемых на сети ОАО «РЖД». Одна из систем, названная интегрированным постом приема и диагностики подвижного состава на сортировочных станциях (ППСС) [5], реализует коммерческий осмотр и диагностику подвижного состава и является единственной в мире системой автоматизированного дистанционного контроля технического состояния подвижного состава и коммерческого осмотра грузовых вагонов, осуществляющей метрологически значимые измерения на основе технического зрения и лазерного сканирования. Другая система – система контроля и подготовки информации о перемещениях вагонов и локомотивов на станции в реальном времени (СКПИ ПВЛ РВ) [6] – позволяет осуществить ведение вагонной и локомотивной модели станции «от колеса», т.е. на основе объективных показаний от всевозможных датчиков – камер видеонаблюдения, индуктивных устройств фиксации прохода оси и устройств сигнализации, централизации и блокировки. Использование СКПИ ПВЛ РВ позволяет оптимизировать ручной ввод информации о технологических операциях, осуществляемых на станции (прием, отправление, выставка, ограждение, угловая передача и пр.), а также автоматизировать расчет объективных показателей работы станции. Как и у любой системы, связанной с распознаванием объектов на изображениях, СКПИ ПВЛ РВ и ППСС подвержены влиянию двух типов ошибок – отсутствие распознавания целевых объектов (ошибки первого рода) и появление ложно положительных распознаваний (ошибки второго рода). В настоящей работе представлено описание и решение проблемы появления ошибок второго типа при распознавании области номера вагона на примере данных камер видеонаблюдения в составе СКПИ ПВЛ РВ. Следующий раздел описывает состояние проблемы в данной области.

### 1. Состояние проблемы

Несмотря на стремительное развитие методов распознавания объектов, одной из основных проблем, до конца не решенных в данной области, является появление ошибок второго рода. Крайне важным данный аспект становится в железнодорожной области, особенно при необходимости доказательства функциональной безопасности [7]. Ошибки второго рода связаны с недостаточным «знанием» обученных моделей глубокого обучения [8] о всевозможных объектах предметной области. Пример такой ошибки в области распознавания номеров вагонов представлен на рисунке 1.

При распознавании инвентарных номеров вагонов важным этапом является распознавание области с предполагаемым восьмизначным номером. Этот этап, в отличие от распознавания цифр на области, является наиболее уязвимым для ошибок второго рода, так как предполагает распознавание ключевых объектов в пространстве близких по градиенту объектов, в том числе ложных объектов. Как можно заметить, область с номером может быть подобна любой надписи на подвижном составе, что может стать причиной ложного распознавания.



Рисунок 1. Ложноположительные объекты при распознавании номеров вагонов

В настоящее время такие проблемы, возникающие при распознавании, решаются путем комплексирования [9] – использования данных от смежных систем и систем верхнего уровня на станции (в частности АСОУП<sup>10</sup> [10]).

Представленные выше рассуждения и привели авторов настоящего исследования к разметке явного «ошибочного» класса, который включает области, схожие с положительными классами, но размеченные экспертами, как ошибки.

## 2. Реализация концепции «ошибочного» класса при обучении модели распознавания областей с инвентарными номерами вагонов.

### 2.1. Описание данных

Существующие области инвентарных номеров вагонов можно разделить на 4 класса:

Стандартный набор данных включает следующие 4 класса:

- класс 0 – грузовые вагоны с последовательностью из восьми цифр,
- класс 1 – пассажирские вагоны с расположенными в два ряда цифр (3 сверху, 5 снизу),
- класс 2 – электровозы, обозначаемые как «ТЭМ7» или «ЧМЭЗ» с 4мя цифрами,
- класс 3 – тепловозы с маркировкой «ВЛ10» и 4 цифры,

С целью реализации «ошибочного» класса предлагается разметать еще один класс, содержащий:

**Нерелевантные символы:** изображение содержит буквы, специальные знаки или случайные графические элементы, не связанные с номерами вагонов. Пример таких символов показан на рисунке 2.

<sup>10</sup> Автоматизированная система оперативного управления перевозками



Рисунок 2. Нерелевантные символы

**Случайные числовые узоры:** на изображении присутствуют числовые комбинации, которые не соответствуют формату номеров вагонов (например, неправильное количество цифр). Такой числовой узор изображен на рисунке 3.



Рисунок 3. Случайные числовые узоры

**Аномалии в изображениях:** проблемы с качеством изображения (плохое освещение, загрязнения, повреждения), мешающие корректной классификации. Пример аномалии показан на рисунке 4.

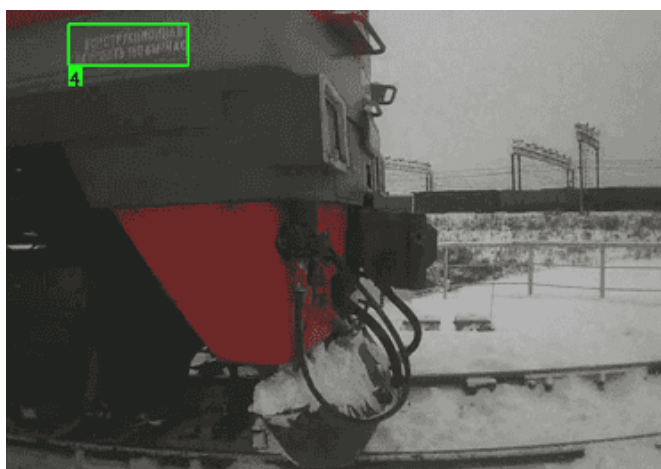


Рисунок 4. Аномалии в изображениях

**Неожиданные объекты:** присутствие элементов, не относящихся к вагонам (например, элементы инфраструктуры). Случайные элементы инфраструктуры изображены на рисунке 5.



Рисунок 5. Неожиданные объекты

## 2.2. Описание модели

Для реализации предлагаемого подхода выбрана модель YOLOv8s как одна из наиболее успешных в области распознавания объектов на изображениях [8]. Скорость обучения подобрана динамически, а для предотвращения переобучения применен метод ранней остановки. Начальные веса модели загружаются из предобученной версии YOLOv8s, что помогает ускорить процесс обучения [11].

## 3. Экспериментальные исследования

Для проверки предлагаемых положений была использована выборка из 15 023 изображений, разделенная на обучающую (80%) и тестовую (20%). При этом было соблюдено условие непересечения – тестовая выборка не содержала области из обучающей. Данная выборка была использована для обучения и тестирования модели YOLOv8s с разделением на 4 класса (классический подход,  $M_1$ ) и 5 классов (с использованием «ошибочного» класса  $M_2$ ). В качестве количественной характеристики качества обучения использована точность обучения, которая явно учитывает отношение распознавания к количеству ложноположительных объектов:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}, \quad (1)$$

где TP – истинно положительные; FP – ложно положительные.

Для  $M_1$  Precision составил 95%, для  $M_2$  – 96%. Пример улучшения качества распознавания представлен на рисунке 6.



Рисунок 6. Пример распознавания «ошибочного» класса (слева) и ложного срабатывания при отсутствии разметки ложного класса (справа)

Результаты экспериментов демонстрируют применимость предлагаемого подхода с целью увеличения качества распознавания при считывании инвентарных номеров вагонов.

### Заключение

Внедрение данной концепции в системы диагностики и контроля подвижного состава на сортировочных станциях позволит устранить проблему ложноположительных срабатываний. Выделение ложных объектов в отдельный класс обеспечивает модели возможность различать истинные инвентарные номера от схожих, но ошибочных областей. Экспериментальные результаты демонстрируют, что применение разметки с «ошибочным» классом приводит к значительному повышению количественных метрик распознавания (точности, полноты и F1-score), что свидетельствует о повышении качества работы системы за счёт оптимизации ложных срабатываний. В дальнейшем авторский коллектив планирует расширить концепцию разметки ложного класса для распознавания объектов железнодорожной инфраструктуры с целью обоснования функциональной безопасности сложных технических систем, основанных на методах машинного обучения.

### Список использованной литературы

1. Sukanya C. M., Gokul R., Paul V. A survey on object recognition methods // International Journal of Science, Engineering and Computer Technology. – 2016. – Т. 6. – №. 1. – С. 48.
2. Суханов А. В. и др. Метод оптической идентификации железнодорожных подвижных единиц на основе интегральных устойчивых признаков / А.В. Суханов // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 27. – №. 4 (27). – С. 118.
3. Веснин Е., Царев В., Михайлов А. Распознавание номеров вагонов: принципы решения и приложение в промышленности / Е. Веснин [и др.] // Control Engineering. – 2014. – №. 1. – С. 60-66.
4. Хатламаджиян А. Е. Метод блочного оптического распознавания инвентарных номеров вагонов на основе комитета нейромимунных моделей / А.Е. Хатламаджиян //

- Труды Международной научно-практической конференции "Транспорт-2014". – 2014. – С. 124-126.
5. Хатламаджиян А. Е., Лебедев А. И. Интегрированный пост автоматизированного приёма и диагностики подвижного состава на сортировочных станциях/ А.Е. Хатламаджиян, А.И. Лебедев // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2019. – №. 2. – С. 9-13.
  6. Хатламаджиян Агоп Ервандович, Ольгейзер Иван Александрович, Суханов Андрей Валерьевич, Иерусалимов Владислав Сергеевич Формирование объективных показателей работы сортировочной станции на основе данных «от колеса»/ А.Е. Хатламаджиян [и др.] // Автоматика на транспорте. – 2024. – №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-obektivnyh-pokazateley-raboty-sortirovochnoy-stantsii-na-osnove-dannyh-ot-kolesa> (дата обращения: 16.02.2025).
  7. Бочков К. А., Харлап С. Н. Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов / К. А. Бочков, С. Н. Харлап // Проблемы оценки показателей функциональной безопасности систем технического зрения. – 2023. – С. 200-203.
  8. Ge, Z.; Liu, S.; Wang, F.; Li, Z.; Sun, J. YOLOX: Exceeding yolo series in 2021. arXiv 2021, arXiv:2107.08430.
  9. Meng T. [et al.]. A survey on machine learning for data fusion / T. Meng [et al.] // Information Fusion. 2020. Т. 57. Р. 115–129.
  10. Макарова А.А. Автоматизированная система оперативного управления перевозками / А.А. Макарова // Экосистема цифровой экономики: проблемы, реалии и перспективы. Орел: ОрелГУЭТ, 2018. С.114–118.
  11. Thatikonda M. [et al.]. Dynamic Confidence Threshold Estimation / M. Thatikonda [et al.] // IEEE NAECON. 2024. DOI: 10.1109/NAECON61878.2024.10670627.
-