

Применение фразеологии радиообмена на английском языке на аэродромах ДОСААФ при управлении полетами будет способствовать росту числа пользователей из гражданской авиации. Более того, с ростом интенсивности полетов в аэроклубах будет внедряться более успешно футовая система высот, а также использоваться минимальное приведенное давление по району, что является неотъемлемой частью ГА. Таким образом, можно предположить, что уменьшится число опасных сближений по вертикальному эшелонированию в связи с отработанной системой переводов (в футы и в Паскали).

Курсанты-пилоты гражданской авиации проходят практическое обучение на базе столичного аэроклуба, откуда выполняют перелеты на аэродромы ДОСААФ и в областные аэропорты. Поэтому наличие обученных опытных пилотов и диспетчеров инструкторов на малых аэродромах поможет выполнять подготовку обучающихся на более высоком уровне. Это даст возможность ощутить большую интенсивность полетов в районе аэродрома. В летную смену в крупных аэроклубах в радиусе 30 км могут находиться до 10 ВС. Поэтому очевидно, что летная практика по перелетам на аэродромы ДОСААФ благоприятно повлияет на дальнейшую профессиональную деятельность и повысит уровень безопасности полетов.

Авиация считается самым безопасным и быстрым видом транспорта. В нашей стране имеется достаточный потенциал и наличие авиационной техники для развития малой авиации. Создание такого документа, как правила радиообмена для полетов гражданских ВС в районе аэродромов ДОСААФ, приведет к расширению географии полетов и привлечет новых пользователей из зарубежных государств. Также с уверенностью можно сказать, что такое прогрессивное решение поможет внедрить на территории Беларуси «STOL-port» (Short take-off and landing) [2]. Более того, уже существуют аэродромы, которые могут быть успешно переоборудованы в воздушные гавани, а при благоприятном развитии появится возможность их слияние с дрон-портами.

Интеграция правил гражданской и государственной авиации поможет создать бесшовное воздушное пространство и может стать в будущем фундаментом для внедрения автоматизированных и инновационных технологий в транспортной отрасли. Разработка правил для перелетов ВС на малые аэродромы с применением фразеологии радиообмена на английском языке станет большим прогрессом для развития частной авиации и внутригосударственных пассажироперевозок в Республике Беларусь.

Список литературы

1 Воздушный кодекс Республики Беларусь // Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. – URL: http://etalonline.by/?type=text®num=Hk0600117#load_text_none_2_1 (дата обращения: 15.08.2025).

2 Elevated STOL-port Test Facility Conceptual Development. – URL: <https://web.archive.org/web/20110520115400/http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0763595> (дата обращения: 18.08.2025).

УДК 656.2.08:004.8

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ИНЦИДЕНТОВ В ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗКАХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: ОТ АНАЛИЗА ДАННЫХ К ПРЕДИКАТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ

Ю. П. ЛЫЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность является абсолютным приоритетом в организации пассажирских железнодорожных перевозок. Традиционно система безопасности строилась на основе реактивной модели: анализ инцидентов постфактум, выявление причин и разработка профилактических мер. Однако такой подход имеет фундаментальное ограничение – он не позволяет предотвратить первичное событие. Современные информационные технологии, в частности искусственный интеллект (ИИ) и анализ больших данных, открывают принципиально новые возможности. Они позволяют перейти от описательной аналитики к диагностической, предиктивной и, наконец, к предписывающей. Это формирует основу для предиктивного управления – системы, в которой решения принимаются на основе прогнозов, генерируемых алгоритмами ИИ. Методологической основой для построения таких систем являются:

1 Данные как фундамент предиктивных моделей.

Эффективность любой модели ИИ напрямую зависит от объема, разнообразия и качества данных. В контексте железнодорожных перевозок можно выделить несколько ключевых источников:

- телеметрия подвижного состава и инфраструктуры;
- данные видеонаблюдения;
- операционные и логистические данные;
- данные о внешней среде.

Агрегация этих разнородных данных в едином хранилище (Data Lake) создает основу для комплексного анализа.

2 Методы искусственного интеллекта для прогнозирования инцидентов.

2.1 Прогнозирование технических отказов

Вместо планово-предупредительного ремонта, который может быть избыточным или, наоборот, недостаточным, ИИ позволяет перейти к ремонту по состоянию. Для этого применяются:

- регрессионный анализ и временные ряды;
- методы классификации (обучение модели для классификации состояния оборудования на категории, например «норма», «требует внимания», «критическое»);
- глубокое обучение (рекуррентные нейронные сети эффективны для анализа временных рядов телеметрии и выявления сложных, неочевидных паттернов, предшествующих отказу).

2.2 Оценка рисков на инфраструктуре и перегонах.

Машинное обучение помогает анализировать совокупность факторов, влияющих на безопасность движения на конкретном участке пути:

- ансамбли деревьев решений (модели на основе алгоритмов типа Random Forest анализируют исторические данные об инцидентах в сочетании с погодными условиями, данными о состоянии пути, графиком движения и строят карты рисков);
- анализ изображений с помощью свёрточных нейронных сетей (автоматический анализ видео и фотографий с дронов или вагонов-лабораторий для выявления дефектов пути, препятствий на перегонах, повреждений контактной сети).

2.3 Предотвращение инцидентов, связанных с человеческим фактором. Для этого используются:

- компьютерное зрение для анализа поведения пассажиров (алгоритмы в реальном времени отслеживают скопления людей, падение человека на пути, агрессивное поведение, оставленные предметы и немедленно информируют службы безопасности);
- системы мониторинга состояния машиниста (камеры с ИИ-анализом отслеживают признаки усталости (зевок, частое моргание, наклон головы), потерю внимания и могут активировать систему предупреждения).

3 От прогноза к управлению: архитектура предиктивной системы.

Предиктивная система безопасности представляет собой многоуровневую архитектуру:

- слой данных: сбор, очистка и агрегация информации из всех источников;
- аналитический слой: здесь работают обученные модели, генерирующие прогнозы и оценки рисков в реальном времени;
- слой принятия решений: на основе прогнозов система формирует рекомендации для диспетчера;
- исполнительный слой: в высокоавтоматизированных системах предиктивная модель может быть напрямую интегрирована с системами управления.

Анализ доступных источников показывает, что использование ИИ позволяет:

- повысить точность диагностики неисправностей до 95–98 %;
- прогнозировать вероятность инцидентов за 24–72 часа до их возникновения;
- сократить внеплановые остановки и задержки до 30 %;
- оптимизировать графики технического обслуживания по фактическому состоянию оборудования.

Примеры внедрения подобных решений:

- компания Siemens (для прогнозирования износа колесных пар на основе анализа вибрационных данных);
- японские и южно-корейские разработки для мониторинга пассажиропотока и оценки плотности на платформах метро;

– внедрение нейросетевой системы прогнозирования отказов тягового оборудования в проектах РЖД на участках Московского транспортного узла.

К ключевым проблемам внедрения предиктивных моделей относятся:

- высокая стоимость сенсорной и вычислительной инфраструктуры;
- недостаточная унификация данных разных подсистем;
- сложности интерпретации решений нейронных сетей;
- кадровый дефицит специалистов по ИИ в транспортной отрасли.

По сравнению с традиционными методами диагностики (периодический контроль и ручной анализ), системы ИИ обладают более высокой чувствительностью и скоростью реагирования. В отличие от статистических моделей, они обеспечивают адаптивность к изменяющимся условиям эксплуатации и возможность самообучения на новых данных.

Для повышения эффективности внедрения систем ИИ в пассажирских перевозках рекомендуется:

- разработать национальные стандарты цифровых данных железнодорожной инфраструктуры;
- внедрить единую платформу предиктивной аналитики на уровне транспортных холдингов;
- стимулировать совместные проекты ИИ-разработчиков и железнодорожных предприятий;
- развивать подготовку инженерных кадров с компетенциями в области анализа данных и машинного обучения.

Список литературы

- 1 **Брусницын, А. В.** Системы предиктивного обслуживания в железнодорожной инфраструктуре / А. В. Брусницын, Н. П. Гришин // Вестник транспорта Российской Федерации. – 2023. – № 2. – С. 34–45.
- 2 **Казаков, И. Ю.** Применение искусственного интеллекта в управлении безопасностью пассажирских перевозок / И. Ю. Казаков, С. А. Головин // Научные труды МИИТ. – 2022. – № 1 (52). – С. 73–82.
- 3 **Мельников, И. Г.** Искусственный интеллект в технической диагностике железнодорожного транспорта / И. Г. Мельников, Д. А. Фролов // Интеллектуальные системы. – 2021. – № 2. – С. 13–25.
- 4 **Назаров, Р. Ю.** Методы прогнозирования отказов и предиктивного управления в транспортных системах / Р. Ю. Назаров, Е. С. Полякова // Автоматизация в промышленности. – 2023. – № 9. – С. 27–36.
- 5 **Трофимов, А. В.** Нейросетевые методы анализа данных для прогнозирования аварийных ситуаций / А. В. Трофимов, Е. Г. Сенченко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2024. – № 1. – С. 59–68.
- 6 **Яковлев, В. А.** Искусственный интеллект в управлении безопасностью движения поездов / В. А. Яковлев // Безопасность транспорта. – 2022. – № 6. – С. 14–23.
- 7 **Якубов, А. Р.** Анализ рисков и прогнозирование инцидентов на транспорте с использованием методов машинного обучения / А. Р. Якубов // Автоматизация и цифровизация производства. – 2024. – № 3. – С. 32–40.

UDC 656.072.2:656.078.1

RESEARCH ON OPTIMIZATION STRATEGY OF RAILWAY PASSENGER TRANSPORT HUB LAYOUT OF GUANGZHOU BASED ON STATION-CITY INTEGRATION

Liu Kangni, He Hong

Guangzhou Railway Polytechnic, People's Republic of China

As a connection point between urban internal transportation and external transportation, the layout of railway passenger transport hubs affects the comprehensive efficiency of urban operation. With the finalization and implementation of plans for railway passenger stations in central cities such as Tongzhou Station in Beijing's sub-center, Guangzhou Baiyun Station, and Chongqing Shapingba Station, the development of station-city integration in China has entered a new stage. Comprehensive transportation hubs featuring station-city integration are characterized by invisible transportation, spatial integration, seamless connection, centralized management, and intelligent services [1, 2].

By sorting out the layout of railway passenger transport hubs in typical cities at home and abroad, summarizing the requirements for urban territorial space optimization and the development trends and experiences of the railway system in high-speed railways, conventional railways, and freight transportation, combined with the actual situation of Guangzhou as a national central city, this paper puts forward targeted optimization strategies for the station-city integrated layout planning of Guangzhou's railway passenger transport hubs [3].

In accordance with the hub layout optimization strategy and the idea of "multi-station layout, large concentration with small dispersion, and direction-specific management", Guangzhou plans 15 railway