

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ И ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ

Д. С. Корчагин¹, С. С. Евтюков²

¹ «Современные технологии», Санкт-Петербург, Россия,

² Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия,

¹ dsk@transportsoft.ru

² sevtyukov@lan.spbgasu.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема повышения эффективности управления городским пассажирским транспортом. Предлагается подход, основанный на интеграции данных от разнородных источников: телематических платформ, систем мониторинга состояния водителя, подсистем контроля технического состояния транспортных средств и элементов интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: пассажиропоток, мониторинг, городской пассажирский транспорт, интеллектуальные транспортные системы, телематика, большие данные, машинное обучение, оптимизация маршрутов, данные датчиков.

IMPROVEMENT OF PASSENGER FLOW MONITORING METHODS BASED ON THE INTEGRATION OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS AND TELEMATICS PLATFORM DATA

D. S. Korchagin¹, S. S. Evtyukov²

¹ «Modern Technologies», Saint Petersburg, Russia

² Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

¹ dsk@transportsoft.ru

² sevtyukov@lan.spbgasu.ru

Abstract. The article addresses the challenge of improving the efficiency of urban public transport management. It proposes an approach based on integrating data from heterogeneous sources: telematics platforms, driver state monitoring systems, subsystems for monitoring the technical condition of vehicles, and components of intelligent transportation systems.

Keywords: passenger flow, monitoring, urban public transport, intelligent transport systems, telematics, big data, machine learning, route optimization, sensor data.

Эффективность функционирования системы городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТ ОП) напрямую зависит от точности и оперативности данных о пассажиропотоке. Эти данные являются основой для принятия ключевых управленческих решений: формирования маршрутной сети, установления интервалов движения, распределения подвижного состава и обоснования тарифной политики. Несмотря на свою критическую важность, методы сбора данной информации в большинстве российских городов остаются архаичными. Преобладающие подходы –

талонный учет, выборочные анкетирования и ручной подсчет – обладают рядом системных недостатков: высокая трудоемкость, значительная временная задержка (данные репрезентируют ситуацию недельной или даже месячной давности), низкая пространственно-временная детализация и подверженность человеческому фактору [1].

В то же время, современный подвижной состав и инфраструктура ГПТ ОП все чаще оснащаются комплексом датчиков и телематических систем, первоначальной целью которых является повышение безопасности и операционной эффективности. Как следует из материалов исследований, посвященных безопасности пассажирских перевозок, это системы мониторинга водителя (DSM), расширенные системы помощи водителю (ADAS), телематические платформы управления автопарком и комплексные системы диагностики. Однако потенциал данных, генерируемых этими системами, далеко не исчерпывается их прямым назначением.

Целью данного исследования является разработка методики совершенствования мониторинга пассажиропотоков на основе интеграции и анализа данных от существующих интеллектуальных систем транспорта. Для достижения цели поставлены задачи проанализировать потенциальные источники данных о пассажиропотоке в составе современных телематических и интеллектуальных систем, предложить архитектуру системы мониторинга, агрегирующую и преобразующую разрозненные данные в структурированные метрики пассажиропотока, а также оценить эффект от внедрения предлагаемой системы для управления транспортным комплексом [2].

Предлагаемый подход основан на использовании уже разворачиваемых или планируемых к внедрению систем, что минимизирует капитальные затраты. Ключевые источники данных включают телематические платформы управления автопарком и являются ядром сбора информации. Помимо данных GPS/ГЛОНАСС о местоположении и скорости, они фиксируют:

Срабатывание датчиков дверей. Каждое событие «открытие/закрытие дверей» на остановке является прямым индикатором посадки/высадки пассажиров. Корреляция временных меток этих событий с геопозицией позволяет точно определить остановочный пункт.

Данные с датчиков нагрузки (тензодатчиков). Установленные на пневмоподвеске или осях транспортного средства, эти датчики позволяют в реальном времени отслеживать изменение массы салона, что напрямую коррелирует с количеством вошедших и вышедших пассажиров.

Стиль вождения. Данные о резких торможениях и ускорениях, собираемые для скоринга водителя, могут косвенно указывать на переполненность салона, влияющую на динамику транспортного средства.

Также источники данных включают в себя системы мониторинга состояния водителя (DSM) и видеонаблюдения. Камеры, изначально предназначенные для контроля усталости и отвлечения внимания водителя, могут быть дооснащены алгоритмами компьютерного зрения для анализа салона. Современные нейросетевые модели позволяют с высокой точностью:

Подсчитывать количество вошедших и вышедших пассажиров в дверных проемах.

Оценивать заполненность салона (коэффициент наполнения) [3].

Фиксировать факты проезда «зайцев» (для верификации данных с других датчиков).

Валидация по данным безналичной оплаты также является одним из источников данных. Интеграция с валидаторами и системами электронных билетов предоставляет точные данные о количестве оплативших проезд. Хотя этот метод не учитывает льготных

пассажиров и не фиксирует точки высадки, он служит отличным инструментом для калибровки и проверки точности моделей, построенных на косвенных данных.

Обратим внимание на элементы Интеллектуальных Транспортных Систем (ИТС). Данные с камер видеонаблюдения на остановках и перекрестках, а также с детекторов транспорта, могут использоваться для верификации данных с подвижного состава и анализа скопления людей на остановочных пунктах.

Предлагаемая система представляет собой многоуровневую платформу для сбора, обработки и анализа данных.

Уровень сбора данных. На транспортных средствах устанавливаются датчики (GPS/ГЛОНАСС-модули, датчики дверей, тензодатчики, камеры). Данные в реальном времени передаются через мобильные сети (4G/5G) на телематические шлюзы.

Уровень агрегации и предобработки. Телематическая платформа выполняет первичную обработку: фильтрацию шумов, ассоциацию событий с географическими объектами (остановками), временную синхронизацию потоков данных.

Уровень аналитики и машинного обучения. Это ядро системы. На этом этапе строится обобщенная модель пассажиропотока для каждого транспортного средства на основе множества сигналов (двери + нагрузка + видео). Применяются алгоритмы регрессии и классификации для компенсации погрешностей каждого отдельного метода. Происходит агрегация данных по маршрутам, остановкам и временным интервалам. Формируются производные показатели: коэффициент наполнения, скорость движения на перегоне, время простоя на остановке.

Визуализация и отчетность. Обработанные данные представляются операторам и управленцам в виде интерактивных дашбордов, тепловых карт пассажиропотока, автоматических отчетов о загрузке маршрутов и рекомендаций по корректировке расписания.

Внедрение описанной системы позволит перейти от эпизодического и неточного учета пассажиропотока к непрерывному и детализированному мониторингу в режиме, близком к реальному времени.

Повышение точности планирования. Диспетчерские службы получают объективные данные для оперативной корректировки интервалов движения, введения дополнительных рейсов в часы пик или укороченных маршрутов в периоды низкого спроса.

Оптимизация маршрутной сети. Появляется возможность выявить неэффективные и дублирующие маршруты, а также определить потребность в новых маршрутах на основе реального пассажиропотока.

Обоснованное тарифообразование. Данные о реальном объеме перевозок служат прозрачной основой для расчетов с перевозчиками и установления экономически обоснованных тарифов.

Снижение эксплуатационных расходов. Оптимизация использования подвижного состава приводит к экономии топлива, сокращению пробега и износа транспорта.

Минимизация потерь от неоплаченных проездов. Точный учет высадки и контроль с помощью видеоаналитики позволяют снизить уровень безбилетного проезда.

Снижение капитальных затрат. Использование уже внедряемых систем безопасности делает предлагаемое решение высокорентабельным.

Повышение качества обслуживания пассажиров. Снижение времени ожидания и переполненности салонов ведет к росту удовлетворенности граждан транспортными услугами [4].

Повышение безопасности. Интеграция с системами DSM и ADAS, изначально направленными на снижение аварийности, остается в силе, создавая синергетический эффект.

Таким образом, представленная в исследовании методология позволяет кардинально усовершенствовать процесс мониторинга пассажиропотоков на городском пассажирском транспорте. Интеграция данных от систем, первоначально нацеленных на безопасность (DSM, ADAS) и операционную эффективность (телематические платформы, диагностика), открывает новые возможности для управления транспортным комплексом на основе данных (data-driven management).

Ключевым преимуществом подхода является его экономическая целесообразность и практическая реализуемость, так как он опирается на уже развертываемую или планируемую к внедрению аппаратную базу. Дальнейшие исследования в данном направлении должны быть сконцентрированы на разработке и обучении специализированных алгоритмов машинного обучения для наиболее точного преобразования сырых данных датчиков в метрики пассажиропотока, а также на создании стандартизированных протоколов обмена данными между разрозненными системами для формирования единого информационного пространства городского транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов В.М., Сильянов В.В. Интеллектуальные системы управления городским пассажирским транспортом. – М.: МАДИ, 2021. – 278 с.
2. Шелест А.С., Иванов Н.К. Применение технологий больших данных и машинного обучения для анализа пассажиропотоков в городской транспортной системе // Транспорт: наука, техника, управление. — 2023. — № 5. — С. 45–51.
3. Chen X., Liu Y., Wang H. A comprehensive framework for real-time passenger flow estimation in urban rail transit using multi-sensor data fusion // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. — 2022. — Vol. 134. — P. 103456.
4. Zhou M., Wang D., Li Q. Vision-Based Passenger Flow Monitoring and Its Application in Bus Operation Management // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. — 2023. — Vol. 24, Issue 1. — Pp. 1020-1033.

REFERENCES

1. Vlasov V.M., Silyanov V.V. Intelligent control systems for urban passenger transport. – M.: MADI, 2021. – 278 p.
2. Shelest A.S., Ivanov N.K. Application of Big Data Technologies and Machine Learning for Passenger Flow Analysis in an Urban Transport System // Transport: Science, Technology, Management. – 2023. – No. 5. – P. 45-51.
3. Chen X., Liu Y., Wang H. A comprehensive framework for real-time passenger flow estimation in urban rail transit using multi-sensor data fusion // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. — 2022. — Vol. 134. — P. 103456.
4. Zhou M., Wang D., Li Q. Vision-Based Passenger Flow Monitoring and Its Application in Bus Operation Management // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. — 2023. — Vol. 24, Issue 1. — Pp. 1020-1033.