

Лебедева Ольга Анатольевна,

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: kravhome@mail.ru,

Ерофеев Ермак Владимирович,

студент гр. ИТБ-23-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: ermak.080@mail.ru

Баянов Семен Владимирович,

студент гр. ТТП-23-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: cyja642@yandex.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ И ПАССАЖИРСКОГО ПОВЕДЕНИЯ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Lebedeva O.A., Erofeev E.V., Bayanov S.V.

INTELLIGENT ANALYSIS OF TRAFFIC FLOWS AND PASSENGER BEHAVIOR BASED ON BIG DATA

Аннотация. В данном исследовании систематизируются подходы к анализу больших данных на транспорте. Рассматриваются традиционные и передовые технологии сбора данных, предлагается классификация по направлениям: анализ поведения пассажиров, оптимизация операционной деятельности.

Ключевые слова: большие данные, анализ поведения пассажиров, оптимизация работы общественного транспорта, интеллектуальные транспортные системы.

Abstract. This study systematizes approaches to big data analysis in transportation. It examines traditional and advanced data collection technologies and proposes a classification by focus: passenger behavior analysis and operational optimization.

Keywords: Big data, passenger behavior analysis, public transport optimization.

За последние три десятилетия наблюдается исследовательский интерес в области применения больших данных для систем общественного транспорта с высокой пассажироместимостью и низким воздействием на окружающую среду, что предоставляет возможность полностью раскрыть внутренний механизм работы системы [1]. Транспортная система состоит из спроса (поведение пассажиров) и предложения (услуги транспорта). Транспортные услуги генерируются на основе запросов пассажиров, таких как пункты отправления / назначения, время и выбор маршрута, которые зависят от расписания и сети. Теоретически возможно достичь равновесия между спросом и предложением. Однако любые непредвиденные элементы могут разрушить эту стабильность, особенно в часы пик, когда спрос на поездки превышает предложение транспортной системы. Это приводит к ряду проблем в управлении спросом, оптимизации эксплуатации.

В частности, с точки зрения управления спросом, сначала проводится анализ транспортной системы, который включает в себя процесс перевозки пассажиров: начиная от генерации и распределения поездок, выбора вида транспорта и окончательного определения пункта отправления / назначения,

времени, выбора маршрута. Существует структура, основанная на глубоком обучении для перепроектирования традиционной четырехэтапной модели прогнозирования путем построения многоуровневой иерархической сети потоков, сопоставленной с данными обследований, устройствами типа смартфонов, глобальными системами позиционирования и датчиками [1]. Фактически, технология сбора транспортных данных способна предоставить более точную информацию о поездках, такую как данные о посадке и/или высадке для каждого пассажира по смарт-картам, наблюдения за количеством пассажиров из видеосистемы/весовых датчиков на остановках/в транспортных средствах для моделирования поведения пассажиров и оптимизации работы системы [2].

Технологии сбора данных рассматриваются с конца 1990-х годов и классифицируются на две общие группы: традиционные и передовые. Первые в основном относятся к технологиям, разработанным с учетом характеристик транспорта и ориентированным на сбор информации о поездках пользователей и эксплуатационной информации о транспортных средствах, в частности, таких как автоматический сбор оплаты проезда (AFC), автоматическое определение местоположения транспортных средств (AVL), автоматические счетчики пассажиров (APC) и общая спецификация транзитных данных (GTFS). Последние не предназначены специально для транспортных систем, но могут предоставлять информацию о поездках на уровне пассажиров и состоянии системы – запросы местоположения смартфонов, технология Bluetooth, технология Wi-Fi, биометрическое распознавание лиц и обмен информацией в социальных сетях.

К традиционным технологиям сбора данных относят:

1) Автоматический сбор оплаты проезда (AFC): технология смарт-карт была введена в транспортные системы в конце 1990-х годов. При прикладывании карты на остановочном пункте местоположение и время прибытия/отправления пассажира записываются в систему. В некоторых системах, пассажиры должны прикладывать карту при посадке и высадке, что обеспечивает точную информацию о пунктах отправления и назначения (OD) – такие системы называются закрытыми. Однако в некоторых городах пассажиры прикладывают карту только при входе или выходе из системы. Информация о пункте отправления / назначения теряется – это открытая система.

2) Автоматическое определение местоположения транспортных средств (AVL): рост пассажирского спроса требует улучшения надежности эксплуатации. Системы AVL собирают местоположение транспортных средств, передавая значения датчиков с интервалом 10-30 секунд в зависимости от пропускной способности радиоканала. Как правило, системы AVL основаны на измерениях GPS, которые могут производить непрерывные потоки данных с развитием онлайн-технологий. В частности, каждое транспортное средство передает данные

с очень короткой (но определенной) периодичностью на главный сервер, а именно в систему AVL реального времени.

3) Автоматические счетчики пассажиров (APC): являются важным дополнением к информации о пассажирах для AVL. Они основаны на методах оценки, использующих подсчеты по дверным петлям или весовым датчикам, установленным в транспортных средствах. Система APC регистрирует активность пассажиров – посадку/ высадку. На основе данных APC и AVL возможно оценить матрицу OD пассажиров, время простоя и распределение пассажиров по маршрутам.

4) Общая спецификация транзитных данных (GTFS): предоставляет стандарт для открытых расписаний работы общественного транспорта и связанной географической информации, особенно охватывая информацию о поездках, маршрутах, времени и местоположении остановок. Версия GTFS-realtime (GTFS-rt), позволяет обновлять информацию о поездках в реальном времени, местоположении транспортных средств и изменениях в обслуживании.

Передовые технологии сбора данных

1) Данные смартфонов (SPD): представляет интеграцию GPS, Wi-Fi и акселерометров – новый способ отслеживания долгосрочных данных о поездках отдельных лиц, что позволит определить мобильность и поведение пассажиров в транспортных системах. Как правило, данные мобильных телефонов – это анонимные потоки, использующиеся для выполнения анализа и оптимизации транзита [3]. Для регистрации данных о поездках пользователей разработаны специальные приложения для мобильных телефонов. После активации приложений телефон будет отправлять периодические и анонимные обновления местоположения на центральный сервер отслеживания. Эти данные позволят определить, находится ли пассажир в транспортном средстве. Данные GPS-треков используются в качестве входных данных для алгоритма сопоставления маршрутов.

2) Технология Bluetooth: это стандарт беспроводной технологии для обмена данными на коротких расстояниях, который предоставляет новый способ анализа поведения пассажиров. Технологии Bluetooth в качестве приложения для сбора информации на смартфоне под управлением Android выполнили обширный анализ различных статистических данных о количестве пассажиров, скорости пассажиропотока. Это показывает, что Bluetooth – идеальная технология для построения относительно небольшой многоскачковой беспроводной сети с размером сети из четырех узлов, и она применима и может способствовать новым приложениям в условиях часов пик.

3) Технология Wi-Fi: Wi-Fi – это технология для беспроводных локальных сетей с информацией о местоположении. Информация о пунктах отправления и назначения пассажиров может быть обнаружена путем обратного отслеживания сигналов Wi-Fi мобильных устройств. Потоки OD, определенные непосредственно из данных Wi-Fi для конкретной автобусной поездки, не вполне соответствуют наземным истинным потокам, но результаты демонстрируют перспективность использования данных сигналов Wi-Fi для определения потоков OD при агрегировании данных по нескольким автобусным поездкам за период времени, особенно при использовании совместно с данными APC.

4) Биометрическое распознавание лиц: крайне важно обнаруживать распределение пассажиров в крупномасштабных транспортных системах. Одна из главных трудностей при отслеживании пассажиров – отсутствие детальной индивидуальной информации в транзитной системе. Технологии позволяют получить индивидуальное положение каждого пользователя и содержит автоматизированные методы проверки или идентификации личности на основе изображения лица. Базовая структура автоматизированной системы распознавания лиц состоит из четырех фундаментальных блоков: детектор лица, экстрактор признаков, база данных и классификатор. Матрицы пересадок пассажиров, полученные из оптического анализа и традиционного опроса, доказывают эффективность и потенциал методов анализа изображений. В дополнение к получению распределения пешеходов эта технология использовалась для обеспечения безопасности в метрополитене и железнодорожных кассах.

5) Данные социальных сетей – используемые приложения социальных сетей. Они собирают социальные взаимодействия большого числа людей, поэтому являются ценным ресурсом для прогнозирования различных крупномасштабных тенденций. В рамках исследований [2, 3] оценивалось общественное мнение о транзитных агентствах на основе комментариев и сообщений пользователей.

В таблице 1 обобщены аспекты применения различных технологий сбора данных по направлениям, таким как оценка времени в пути пассажиров, распределение поездок пассажиров, прогноз спроса и перепланирование расписания.

Диапазон применения технологий достаточно широк и простирается от анализа поведения пассажиров до оптимальной эксплуатации транспортной системы. Как видно из таблицы 1, конкретная исследовательская задача может быть проанализирована или оптимизирована с использованием различных методик. Поэтому то, как эти данные могут быть объединены и оценены, важно для валидации модели, оптимизации производительности системы и долгосрочного планирования транспортной системы.

Таблица 1 – Применение технологий сбора данных в транспортных исследованиях [3]

Источники данных	AFC	AVL	APC	SPD	Bluetooth	Wi-Fi	Социальные сети	GTFS
время в пути пассажира	+			+			+	
пространственное и временное распределение пассажиров	+		+			+		
цепочка поездок	+							
проверка данных	+		+		+			+
прогноз спроса	+		+			+	+	
плотность пользователей					+	+		
время пребывания		+	+					+
планирование в режиме реального времени		+		+			+	+

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лебедева, О.А.** Основные показатели оценки точности измерений пассажиропотока с применением детекторов входа - выхода / О. А. Лебедева, А. Ю. Михайлов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 8(67). – С. 115-118.
2. **Lu, K.** A review of Big Data applications in urban transit system / K., Lu, J. Liu, X. Zhou, B. Han // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – vol. 22, no. 5. – 2021. – pp. 2535-2552.
3. **Лебедева, О.А.** Оптимизация транспортной сети с учетом оценки качества услуг общественного транспорта / О. А. Лебедева, В. Е. Гозбенко, С. К. Каргапольцев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 1(61). – С. 112-118. – DOI 10.26731/1813-9108.2019.1(61).112-118.