



Выборочное обследование пассажиропотока методом анализа Wi-Fi данных в московском транспортном узле. Часть 1



Николай Юрьевич Алексеев
АО Ситроникс, Москва, Россия.
✉ alekseev-trn@mail.ru.

Николай АЛЕКСЕЕВ

АННОТАЦИЯ

В современных, быстро развивающихся городах мира для построения транспортной модели городов требуются данные о пассажиропотоках. Отсутствие таких данных не позволяет своевременно принимать управленческие решения на уровне их распределения, в том числе в рамках общих транспортных потоков.

На данный момент существуют различные методы и системы для подсчёта пассажиропотоков, такие как глазомерный, анкетный и талонный методы и различные автоматизированные системы. Однако известные методы имеют свои недостатки.

По этой причине актуальной является задача поиска альтернативных методов и источников данных для исследования пассажиропотоков.

Данная статья опирается на актуализированные результаты исследования, проведённого в рамках подготовки автором магистерской диссертации. В его процессе и в развитие более ранних работ автора, в качестве источника данных были выбраны данные о подключении пассажиров к Wi-Fi роутерам. Так как на данном этапе исследование приводилось на территории Московского транспортного

узла, в метрополитене и на Московских центральных диаметрах (МЦД), в вагонах которых установлено огромное количество Wi-Fi роутеров, при подключении к которым можно бесплатно получить доступ в Интернет, это значительно расширило выборку Wi-Fi данных.

Целью данного исследования является изучение возможностей обработки Wi-Fi данных, полученных от Wi-Fi сканеров, в качестве инструмента анализа пассажиропотоков.

По результатам проведённого исследования было определено, что в среднем до 40 % пассажиров, находящихся в вагонах метрополитена и МЦД на исследованных линиях поездов, используют включённый Wi-Fi модуль в своём мобильном устройстве.

Результаты исследования подтвердили, что Wi-Fi данные могут быть использованы в качестве инструмента для анализа пассажиропотоков, но в то же время выявили необходимость сочетать их с другими источниками данных, а также сильную зависимость результатов обработки Wi-Fi от технических характеристик Wi-Fi сканера и его расположения в транспортном средстве при проведении замеров.

В данном номере публикуется первая часть статьи.

Ключевые слова: транспорт, городской общественный транспорт, метро, городская железная дорога, пассажиропоток, анализ данных, Wi-Fi аналитика.

Благодарности: автор выражает искреннюю признательность кандидату географических наук, старшему научному сотруднику Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) Павлу Владимировичу Юзину за его неоценимую помощь при проведении исследования и подготовке к публикации его результатов.

Для цитирования: Алексеев Н. Ю. Выборочное обследование пассажиропотока методом анализа Wi-Fi данных в московском транспортном узле. Часть 1 // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 3 (100). С. 75–82. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-3-9>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.



ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее важных элементов создания современной городской среды и повышения качества жизни проживающих в городе Москве граждан является городской общественный транспорт. Из года в год за счёт неуклонного развития системы городского общественного транспорта столицы^{1, 2, 3}, интеграции в неё новых объектов транспортной инфраструктуры, обновления и включения новых видов подвижного состава, повышения интегрированности её составных частей популярность общественного транспорта возрастает.

При этом значительная доля объёмов перевозок пассажиров по-прежнему приходится на Московский метрополитен. Основываясь на данных департамента транспорта г. Москвы, в 2021 году в среднем пассажиропотоке в рабочий день на метрополитен приходилось 56,7 % (из них по 4,135 % как на Московское центральное кольцо (МЦК), так и на Большую кольцевую линию (БКЛ), открытую в 2020 году), на наземный транспорт – 30,3 %, на железнодорожный – 13 % (причём из них 4,21 % – на Московские центральные диаметры (МЦД)). Значительно улучшились по сравнению с 2020 годом показатели пассажиропотоков (на 37 %) и по числу перевезённых уникальных пассажиров (на 38 %), хотя полностью показатели по сравнению с допандемийным 2019 годом не восстановились. Исключением являются быстро развивающиеся перевозки по МЦД, МЦК, которые уже превысили уровень 2019 года⁴, и есть все основания полагать, что положительная динамика показателей по всем видам общественного транспорта сохранится и ускорится в 2022 году, а также будет преодолено обусловленное пандемией временное изменение тренда в изменении нарастающего до этого тренда в соотноше-

нии доли общественного и личного транспорта (доля общественного транспорта в 2019 году – 70 %, в 2020 году – 60 %, в 2021 году – 62 %) ⁴.

Комфортность перевозок в общественном транспорте и на Московском метрополитене [1] ежегодно улучшается. Следствием планомерного развития общественного транспорта Москвы и роста комфортности поездок стал рост удовлетворённости пассажиров как общественным транспортом в целом (с 76 % в 2019 году до 89 % в 2021 году), так и работой метрополитена (по данным опроса CoMET в 2021 году Московский метрополитен вошёл по этому показателю в тройку мировых лидеров)⁴.

Учитывая общую тенденцию к росту популярности использования городского общественного транспорта, а в частности, Московского и Санкт-Петербургского метрополитенов, в том числе в различных аспектах, например, как туристического объекта [2], очень важным фактором является анализ пассажиропотоков для оптимизации трассировок маршрутов и уточнения интервалов движения городского общественного транспорта (например, [3]).

На данный момент для расчёта пассажиропотоков используются как традиционные системы сбора данных (визуальные, анкетные, билетные), так и построенные на основе обработки массивов цифровых данных, поступающих от автоматизированных систем контроля проезда (валидации), мониторинга пассажиропотоков, сотовых операторов и другие. В мировой практике, помимо вышеуказанных источников, по которым возможен частичный расчёт пассажиропотоков, используют Wi-Fi аналитику, отдельным аспектам которой была, в частности, посвящена публикация [4].

В городском общественном транспорте города Москвы, на его остановочных пунктах, станциях метрополитена и других местах с 2016 года внедряется бесплатная сеть Wi-Fi под названием «MT FREE»⁵. Увеличение количества бесплатных точек сети Wi-Fi в городском общественном транспорте города Москвы по определению увеличивает аудиторию потенциальных пассажиров, которые пользуются данной бесплатной сетью. Соответственно, с увеличением числа пассажиров, пользующихся бесплатной сетью Wi-Fi, увеличивается поток получаемых Wi-Fi данных, которые можно использовать для анализа пассажиропотоков, с задействованием современных Wi-Fi сканеров и алгоритмов обработки Wi-Fi данных.

⁵ В метро и наземном транспорте теперь доступна единая сеть Wi-Fi. Сайт Московского транспорта. [Электронный ресурс]: https://transport.mos.ru/mostrans/all_news/14254. Доступ 10.04.2022.

¹ Презентация «Транспортный Комплекс Москвы». [Электронный ресурс]: https://report2010-2017.transport.mos.ru/download/full-reports/ar_ru_annual-report_spreads.pdf. Доступ 10.04.2022.

² Итоги работы транспортного комплекса города Москвы с 2010 года. Презентация. [Электронный ресурс]: https://transport.mos.ru/common/upload/public/prezentacii/Prezentatsiya_Itoги_raboty_%2008_11_19.pdf. Доступ 10.04.2022.

³ Индекс развития транспортного комплекса: сопоставление ведущих российских и зарубежных городов. Презентация МГУ на Московском урбанистическом форуме 6–12 июля 2017 года. [Электронный ресурс]: https://transport.mos.ru/common/upload/docs/1499956207_PrezentatsiyaMGUv2.10.pdf. Доступ 10.04.2022.

⁴ Итоги работы транспортного комплекса Москвы в 2021 году и планы на 2022 год. Департамент транспорта г. Москвы. Презентация. [Электронный ресурс]: <https://transport.mos.ru/common/upload/public/prezentacii/106/itogi-raboty-tk-2021-i-plany-na-2022.pdf>. Доступ 10.04.2022.

Цель работы – изучить и проанализировать метод сбора и обработки Wi-Fi данных как инструмента для анализа пассажиропотока.

Объектом исследования являются пассажиропотоки в Московском транспортном узле.

Предмет исследования – свойства пассажиропотоков на исследуемых маршрутах.

Задачи исследования включали изучение существующих методов обработки Wi-Fi данных; сбор и анализ Wi-Fi данных в Московском транспортном узле в утренний час пик с использованием Wi-Fi сканера на выбранных маршрутах; создание алгоритма анализа и обработки Wi-Fi данных, получаемых с динамического Wi-Fi сканера; получение данных о количественных характеристиках пассажиропотоков: средней дальности поездок пассажиров, среднем времени пути пассажиров.

Структурно статья предполагает три части, первая из которых посвящена изучению методов расчёта пассажиропотоков и мирового опыта в области Wi-Fi аналитики, вторая – методологии сбора данных, алгоритму для анализа Wi-Fi данных, третья – непосредственным результатам исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Методы исследования пассажиропотоков

Исследования в области пассажиропотоков являются наиболее важным элементом анализа и планирования деятельности транспортной системы любой крупной агломерации, так как напрямую связаны с шагами по улучшению комфортности перемещения пассажиров и скорости их перемещения.

В Москве рост пассажиропотока даёт большую нагрузку на всю внутригородскую транспортную сеть, в целом на весь Московский транспортный узел и его пересадочные узлы. Сопутствующим загруженности транспортной сети города риском является увеличение времени ожидания и самой поездки пассажиров. Условием планирования мероприятий по его нейтрализации через оптимизацию транспортной инфраструктуры и маршрутных сетей становится очень тщательный анализ транспортных потоков и пассажиропотоков.

Систематизация существующих методов сбора сведений и анализа пассажиропотоков как в мировой практике, так и в Российской Федерации может позволить ответить на следующие вопросы: «какой инструмент сбора и анализа данных о пассажиропотоках является наиболее точным?», «каковы преимущества и недостатки того или иного метода сбора данных о пассажиропотоке?», «существует ли единое решение по сбору и обработке данных о пассажиропотоках?».

Под термином «пассажиропоток» подразумевается понятие, связанное с перемещением пассажиров, которое выражается в объёме перевезённых пассажиров на любом виде общественного транспорта (наземного, подземного и других) или индивидуальном транспорте за единицу времени.

В случае данного исследования ограничительным условием является рассмотрение пассажиропотоков на общественном городском транспорте города Москвы.

На данный момент для расчёта пассажиропотока в Московской агломерации могут быть использованы уже существующие традиционные методы сбора и анализа данных, такие как:

- Визуальный метод (глазомерный метод).
- Анкетный метод (опросный метод).
- Билетный метод (талонный метод).
- Автоматизированные системы мониторинга пассажиропотоков (АСМП).
- Автоматизированные системы контроля проезда (АСКП), валидация.
- Данные сотовых операторов (GSM).
- Система видеонаблюдения.

В статье [5] подробно описаны различные методы сбора и обработки данных для подсчёта пассажиропотока и существующие проблемы, выявленные Департаментом транспорта города.

Вместе с тем целесообразно дать краткую характеристику наиболее распространённых из таких методов.

Неавтоматизированные методы

Визуальный (глазомерный) и табличный (натурный) метод

Данный вид подсчёта пассажиропотока характеризуется визуальным расчётом количества пассажиров, вошедших и вышедших из общественного транспорта⁶. Для получения результата используют балльную шкалу. Задачей лица, проводящего визуальное наблюдение, является оценить «на глаз» количество пассажиров в транспортном средстве и выставить соответствующий балл.

Отчасти его разновидностью является табличный (натурный) метод, при котором наблюдения могут производиться контролёрами, кондукторами, водителями транспортных средств и другими лицами, находящимися внутри транспортных средств. При табличном (натурном)

⁶ Рошин А. И., Акопов Ф. В., Жуков А. И. Методические указания к лабораторным работам для подготовки студентов по дисциплине «Методы обследования транспортных процессов». МАДИ. – 2015. – 35 с. [Электронный ресурс]: <https://lib.madi.ru/fel/fel1/fel16M435.pdf>. Доступ 10.04.2022.



собираются более детальные сведения путём подсчёта входящих и выходящих на отдельных остановках пассажиров, их категорий и т.д.

Во многих городах России утверждены методики его использования для оценки и прогнозирования пассажиропотоков (например, ⁷, ⁸).

В результате использования визуального метода [6] удалось рассчитать такие показатели, как среднее наполнение городского общественного транспорта, коэффициент неравномерности, коэффициент использования вместимости, среднее расстояние поездки пассажира в обе стороны маршрута.

Преимущества: недорогой способ подсчёта пассажиропотока, который может быть рассчитан действующими сотрудниками, перемещающимися на конкретном общественном транспорте, такими как контролёр, кондуктор или водитель.

Недостатки: разовость использования, отсутствие возможности систематизации сбора данных, зависимость от большого количества человеческих ресурсов.

Анкетный (опросный) метод

Данный метод подразумевает опрос пассажиров (совершающих поездку или потенциальных) путём заполнения анкеты (сбора ответов) непосредственно на улично-дорожной сети или в сети Интернет. Вопросы могут касаться цели поездки пассажира, направления и времени поездки. Ответы на задаваемые вопросы могут быть применены и использованы для решения проблем, связанных с перспективой развития транспортной сети как целого города, так и отдельного микрорайона.

Этот метод также широко используется в практике административных органов городов и субъектов Российской Федерации. Наполняемость анкеты зависит от цели, поставленной перед исследователем, в том числе представителем транспортной дирекции города или городской агломерации. Результат анкетного метода зависит от человеческого фактора и объёма поставленных

вопросов, а также в большой мере от фактически полученных от пассажиров данных.

При помощи данного метода возможен также расчёт в отношении транспортной сети отдельного микрорайона в случае проведения опроса его жителей. Полученные данные могут быть достаточно достоверны, так как жители конкретного микрорайона заинтересованы в улучшении транспортной доступности ближайшего транспортно-пересадочного узла (ТПУ), транспортного сообщения, особенно с местом работы по рабочим дням, и именно они обладают обширной реальной информацией о транспортной ситуации микрорайона [7].

Преимущества: возможность получить расширенную информацию от пассажиров, а также обратную связь от потенциальных пассажиров конкретного микрорайона города.

Недостатки: отсутствие возможности расчёта пассажиропотока, получение только частичных данных об оценке пользования общественным транспортом, невозможность выявить маршруты перемещения через промежуточные остановки и ТПУ.

Билетный (талонный) метод

Данный метод заключается в подсчёте количества проданных билетов в конкретном транспортном средстве. Для улучшения результативности применения полученных данных методом показателей, как правило, используют следующую схему работы: один участник подсчёта пассажиропотока находится у входной двери общественного транспорта, фиксируя время и место (остановку общественного транспорта) входа пассажира, и выдаёт талон, либо билет данному пассажиру, а второй участник подсчёта забирает данные талоны либо билеты, фиксируя время и место выхода пассажира. Таким образом в результате может быть рассчитана взаимная корреспонденция, которая позволит получить данные о входе и выходе из общественного транспорта конкретных пассажиров. Данная информация очень важна для планирования количества выходящих в рейс единиц общественного транспорта и возможности введения остановок по требованию, что позволит увеличить скорость перемещения транспортных средств и в итоге сократить время поездки пассажиров.

При этом данный метод (в форме учёта билетов) не применим к Москве и ряду других городов, где отсутствует продажа билетов на проезд в общественном транспорте в бумажном виде или существует большое число пассажиров, не использующих разовые билеты.

Преимущества: не требует специальной подготовки для подсчёта.

⁷ Постановление Администрации Ангарского городского округа Иркутской области от 06.12.2016 г. № 2697-па «Об утверждении Порядка проведения обследования пассажиропотоков на регулярных городских и пригородных маршрутах автомобильного и наземного электрического общественного пассажирского транспорта на территории Ангарского городского округа». [Электронный ресурс]: https://angarsk-adm.ru/upload/iblock/5c4/2697_pa-poryad-obsled-passazhiropot.doc. Доступ 10.04.2022.

⁸ Приказ Департамента промышленности, транспорта и связи Брянской области от 17.10.2016 г. № 175-П «Об утверждении порядка изучения пассажиропотока». Приложение 1. [Электронный ресурс]: <https://base.garant.ru/42574462/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>. Доступ 10.04.2022.

Недостатки: отсутствие возможности расчёта пассажиров с льготным проездом, неприменим при отсутствии бумажных билетов, требует большое количество человеческих ресурсов.

Все вышеуказанные методы подсчёта пассажиров являются не автоматизированными, требующими задействования большого количества человеческих ресурсов, недостаточно информативны, сопряжены с потенциально большими погрешностями, что делает их в современных условиях устаревшими.

Более того, полученные данными методами результаты являются разовыми, не системными, не позволяют проводить протяжённые во времени замеры.

Учитывая большую эффективность использования современных технологий, данные методы могут быть использованы в частных случаях, либо в небольших городах, в которых отсутствует возможность использования автоматизированных систем из-за отсутствия финансирования, либо отсутствия необходимости их внедрения по причине низкой интенсивности транспортных потоков.

Автоматизированные методы

Распространение получили автоматизированные системы, которые не требуют нахождения осуществляющего замеры человека непосредственно в общественном транспорте либо на остановке.

Автоматизированные системы мониторинга пассажиропотоков на городском пассажирском транспорте (АСМ-ПП)

Такие системы получили достаточно широкое распространение на территории Российской Федерации.

В числе первых данную технологию стало внедрять научно-производственное предприятие «Транснавигация»⁹. Условием применения является оснащение подвижного состава городского общественного транспорта специальным оборудованием, включающим инфракрасные датчики, навигационно-связные блоки с GSM и GPS/ГЛОНАСС антеннами.

Суть реализации технологии заключается в размещении над дверными проёмами городского общественного транспорта (в частности, автобусов, троллейбусов, трамваев) инфракрасных датчиков, фиксирующих вход и выход пассажиров, включая время и место. Таким

образом в результате собираются данные о количестве вошедших и вышедших пассажиров в конкретном транспортном средстве [4, с. 56–57].

Преимущества: система, не требует использования человеческих ресурсов в транспортных средствах в процессе эксплуатации.

Недостатки: финансовые затраты на внедрение системы, погрешности системы, сложность синхронизации системы с GPS/ГЛОНАСС модулями.

Автоматизированная система контроля проезда (АСКП), валидация

На данный момент АСКП, по мнению автора, входит в число наиболее точных методов сбора данных о пассажиропотоке как на территории Российской Федерации, так и в мире среди получивших массовое распространение.

В России впервые данная технология была внедрена на территории Московской агломерации в 2001 году на территории Зеленоградского административного округа на автобусных маршрутах¹⁰.

Основной задачей АСКП является проверка проездных документов и оплаты проезда. Для внедрения АСКП требуется установка валидаторов в городской общественный транспорт. Данная технология достаточно проста в использовании: для получения данных пассажиру достаточно приложить проездной документ к валидатору, который считывает данные с проездного документа и фиксирует оплату. Момент прикладывания проездного документа и будет являться фиксацией пассажира [4, с. 56; 8].

Преимуществом данной системы является точность полученных данных.

Недостатки: возможная погрешность в случае отсутствия принудительного прикладывания билета к валидатору, стоимость внедрения.

В общественном транспорте Московской агломерации преимущественно внедрена АСКП только при входе пассажира в автобус, троллейбус, трамвай и метро. Таким образом, недостатком АСКП является отсутствие данных о месте выхода пассажира, что существенно влияет на расчёт пассажиропотока.

Ещё одним недостатком системы является то, что внедрение АСКП часто сопровождается установкой турникетов. Установка турникетов может существенно увеличивать время посадки пассажиров и соответственно, время пути пас-

⁹ Автоматизированная система мониторинга пассажиропотоков на городском пассажирском транспорте (АСМ-ПП). Сайт НПЦ «Транснавигация». [Электронный ресурс]: <http://www.transnavi.ru/projects/asmpp/about/about.php>. Доступ 10.04.2022.

¹⁰ В столице вводится Автоматизированная система контроля на городском наземном транспорте. [Электронный ресурс]: <https://duma.mos.ru/ru/34/news/novosti/v-stolitse-vvoditsya-avtomatizirovannaya-sistema-kontrolya-na-gorodskom-nazemnom-transporte>. Доступ 10.04.2022.



сажиров. Учитывая, что турникет устанавливается в передней двери автобуса и турникет срабатывает только при оплате проезда, в случае неработающего проездного документа у потенциального пассажира увеличивается время ожидания и время пути следования. Данная проблема имеет огромное значение в утренние и вечерние часы пик для пассажиров, перемещающихся ежедневно в рабочие дни с места проживания до ближайшей станции метро и обратно.

В Московской агломерации в городском наземном общественном транспорте с недавнего времени решениями Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры и ГУП «Мосгортранс» турникеты отключены, оплата проезда производится пассажиром с использованием валидатора^{11, 12}. Данное решение позволило существенно ускорить время посадки и высадки пассажиров на наземном городском транспорте. Ранее, до отключения турникетов, исследователь на собственном примере наблюдал данную проблему, например, на автобусном маршруте № 906 ГУП «Мосгортранс».

Данные сотовых операторов (GSM)

Данные сотовых операторов тоже используются для расчёта пассажиропотоков [4, С. 57]. Статья [9] раскрывает возможности использования данных сотовых операторов GSM, описывает процесс сбора данных о перемещении пятисот тысяч пользователей, использующих мобильную связь, разработку модели для изменения маршрутов городского общественного транспорта. Модель была использована и протестирована в городе Абиджан – крупнейшем городе Кот-д’Ивуар (численность населения составляла 3,8 миллиона человек по данным на 2013 г.). Данные были получены от крупнейшего оператора мобильной связи за период с декабря 2011 г. по апрель 2012 г. Все использованные данные были очищены от персональной идентификации, что является очень важным элементом сохранения конфиденциальности. Авторы статьи предложили оптимизировать шестьдесят пять существующих маршрутов и создать три новых маршрута городского общественного транспорта. Также авторы указали

на снижение времени ожидания на 10 % в пассажиро-минутах.

Основной особенностью данной модели, на взгляд автора, является возможность оптимизации существующих маршрутных сетей для новых микрорайонов города.

В статье [10] авторы предлагают использовать данные сотовых операторов для подсчёта пассажиропотоков на входе и выходе из метрополитена. Авторы описывают матрицу корреспонденции и дальнейшее возможное использование получаемых данных, например, при открытии новой станции метро. Они также считают, что полученные данные необходимо использовать при планировании строительства метро и при его эксплуатации, при планировании запуска необходимого количества подвижного состава в утренние и вечерние часы пик, то есть, использовать данные не только в экономических целях, но и в целях городского транспортного планирования. Также авторы полагают, что полученные результаты можно использовать для синхронизации всего городского общественного транспорта, особенно в часы пик и в разные периоды времени, например, летом и зимой.

В другой статье [11], благодаря данным сотовых операторов, был предложен метод классификации станций в утренние и вечерние часы пик и сформулированы четыре группы характеристик.

Таким образом, преимуществом использования данных сотовых операторов для расчёта пассажиропотоков и оптимизации существующих маршрутов городского общественного транспорта является большое количество информации, получаемой от сотовых операторов связи, и возможность её дальнейшей автоматизированной обработки и анализа.

Потенциальным недостатком является точность получаемых данных, которая напрямую зависит от расположения базовых станций сотового оператора. Также имеются риски сохранения конфиденциальности получаемых данных, их защиты от посягательств злоумышленников.

Система видеонаблюдения

Использование видеонаблюдения для получения данных о пассажиропотоках, описывается в статье [12] как полноценное решение для подсчёта количества пассажиров, которые находятся в салоне транспортного средства (вагона) на сидячих местах. Для реализации данного решения требуются камеры видеонаблюдения и бортовой компьютер, который при помощи Wi-Fi сети посредством Интернета направляет данные на сервер. Далее на сервере полученные данные

¹¹ Валидатор против турникета: пассажиры экономят до 20 минут, оплачивая проезд в салоне. Официальный сайт мэра Москвы. [Электронный ресурс]: <https://www.mos.ru/news/item/38508073>. Доступ 10.04.2022.

¹² С 1 сентября 2018 года бестурникетная система оплаты проезда введена на всех маршрутах наземного транспорта Москвы – вход во все двери. Официальный сайт ГУП «Мосгортранс». [Электронный ресурс]: <https://www.mosgortrans.ru/alldoors>. Доступ 10.04.2022.

Таблица 1

**Преимущества и недостатки существующих методов и систем подсчёта
пассажиропотоков [выполнено автором]**

Метод/система	Преимущества	Недостатки
Глазомерный (визуальный), табличный (натурный) метод	Дешевизна использования	Разовость использования, отсутствие возможности систематизации сбора данных, зависимость от большого количества человеческих ресурсов
Анкетный метод (опросно-табличный)	Получение обратной связи от потенциальных пассажиров конкретного микрорайона города	Отсутствие возможности расчёта пассажиропотока, получение частичных данных об оценке пользования общественным транспортом
Талонный метод (билетный)	Не требует специальной подготовки для подсчёта	Отсутствие возможности расчёта пассажиров с льготным проездом, требуется большое количество человеческих ресурсов
Автоматизированная система мониторинга пассажиропотоков (АСМ-ПП)	Система позволяет вычислять количество вошедших и вышедших пассажиров	Требует дополнительного оснащения общественного транспорта и финансовых вложений. При большом потоке вероятны дублирования
Автоматизированная система контроля проезда (АСКП), валидация	Высокая точность данных о вошедших пассажирах	При отсутствии валидаторов на выход недостоижима информация о месте выхода пассажира
Данные сотовых операторов (GSM)	Большое количество данных, получаемых от сотовых операторов связи с возможностью их обработки и анализа	Точность данных, которая напрямую зависит от расположения базовых станций сотового оператора
Система видеонаблюдения	Позволяет получить точные данные о пассажиропотоке	Требует финансовых вложений и создания алгоритма обработки данных

обрабатываются: каждому видеофрагменту присваивается координата GPS/ГЛОНАСС и маркировка с номером поезда, вагона, камеры, датой и временем получения видеофрагмента. Вторым решением, предлагаемым в статье, является уже упомянутая АСМ-ПП.

Сравнительные характеристики существующих методов подсчёта пассажиропотоков

Если резюмировать вышеуказанные виды подсчёта пассажиропотока, то можно обобщить указанные выше преимущества и недостатки методов подсчёта пассажиропотока (табл. 1).

Как мы видим из табл. 1, не существует идеального инструмента или метода для анализа и расчёта пассажиропотоков.

В статье [13] подтверждается теория о проблемах в существующих методах сбора и анализа данных о пассажиропотоках, при этом даётся количественная оценка преимуществ более современных методов (в частности видеонаблюдения).

Есть работы, направленные на изучение поведения пассажиров, и соответственно, их корреспонденций [14], и работы, классифицирующие пассажирские потоки [15]. Также подтверждается информация о том, что данные, получаемые от перевозчика, зачастую бывают недостоверными [16].

Совокупность указанных условий делает актуальным поиск новых методов для расчёта пассажиропотоков, которые были бы лишены всех или по крайней мере большинства упомянутых недостатков.

Одним из важнейших критериев в поиске нового, более надёжного и многофункционального метода сбора данных и анализа пассажиропотоков является способность определять маршруты потенциальных пассажиров, загрузку в дальнейшем конкретных транспортных единиц (в случае данного исследования – вагонов метрополитена) на конкретной остановке городского общественного транспорта.

Исходя из общей гипотезы о возможности применения в этом качестве сбора данных об использовании Wi-Fi и его распространённости в Московской агломерации, было определено, что она заслуживает более подробного исследования и экспериментальной апробации.

Продолжение в следующем номере

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пашина А. С., Кравчук И. С. Инновации в инфраструктуре Московского метрополитена // Сб. трудов конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки». – М.: Перо, 2019. – С. 330–335. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39227779>. Доступ 10.04.2022.





2. Долматеня Ю. В., Трандина Е. В. Особенности метрополитена, как площадки для организации и развития туристических мероприятий // Актуальные проблемы развития сферы услуг: Сборник научных трудов. – Выпуск XIII. Санкт-Петербургский государственный экономический университет. – 2019. – С. 135–139. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42476132>. Доступ 10.04.2022.
3. Подхалюзина В. А. Анализ пассажиропотока на наземном общественном транспорте Москвы // Вызовы глобального мира. Вестник ИМТП. – 2015. – № 2 (6). – С. 31–34. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24245177>. Доступ 10.04.2022.
4. Алексеев Н. Ю., Зюзин П. В. Оценка применимости Wi-Fi-аналитики в исследованиях пассажиропотоков городского общественного транспорта на примере Москвы. Мир транспорта. – 2021. – № 3 (94). – С. 54–66. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-3-6>.
5. Петрова Д. В. Современные подходы к организации мониторинга пассажиропотоков общественного транспорта городских агломераций // International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – № 1. – С. 47–57. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42340332>. Доступ 10.04.2022.
6. Боровиков А. В. Анализ пассажиропотока городского автобусного маршрута // Международный студенческий научный вестник. – 2019. – № 3. – Ст. 46. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38318095>. Доступ 10.04.2022.
7. Новиков А. Н., Радченко С. Ю., Севостьянов А. Л. [и др.]. Исследование пассажиропотоков и транспортной подвижности населения в г. Орле // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – С. 69–77. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17280343>. Доступ 10.04.2022.
8. Рубцова К. А. Особенности учёта пассажиропотока на наземном городском пассажирском транспорте общего пользования // Экономика предпринимательства, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами. – 2015. – С. 168–172. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24866446>. Доступ 10.04.2022.
9. Berlingiero, M., Calabrese, F., Lorenzo, G., Nair, R., Pinelli, F., Sbodio, M. AllAboard: A System for Exploring Urban Mobility and Optimizing Public Transport Using Cellphone Data. Mobile phone Data for Development, 2013, pp. 397–411. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-40994-3_50.
10. Намиот Д. Е., Некраплённая М. Н., Покусаев О. Н., Чекмарёв А. Е. Матрицы корреспонденций и анализ пассажирских потоков // International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 25–30. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42748922>. Доступ 10.04.2022.
11. Поматилов Ф. С., Намиот Д. Е. Об анализе пассажиропотоков Московского метрополитена // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2019. – Т. 15. – № 2. – С. 375–385. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.375-385.
12. Бруснянин Д. А., Вихарев С. В., Попов В. Ю., Горбенко А. А., Шека А. С. Интеллектуальная система мониторинга пассажиропотока транспортного комплекса региона // Инновационный транспорт. – 2012. – № 2 (3). – С. 41–43. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18225474>. Доступ 10.04.2022.
13. Щетинин Н. А., Коряков В. Б., Семикопенко Ю. В. Методика обследования пассажиропотоков // European Journal of Natural History. – 2020. – № 3. – С. 105–108. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43172623>. Доступ 10.04.2022.
14. Степанченко И. В., Крушель Е. Г., Панфилов А. Э., Лютая Т. П. Алгоритм имитации пассажиропотока на остановках транспортной сети мегаполиса // Математические методы в технике и технологиях. – 2019. – Т. 10. – С. 19–23. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41261453>. Доступ 10.04.2022.
15. Сытник Р. А. К вопросу об исследовании пассажиропотока в городских транспортно-логистических системах // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2016. – № 7 (186). – С. 43–48. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26322476>. Доступ 10.04.2022.
16. Янков К. В., Лавриненко П. А., Фадеев М. С. Опыт прогнозирования пассажиропотоков и социально-экономических эффектов при ускорении железнодорожного сообщения в Самаро-Тольяттинской агломерации // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2016. – Т. 14. – С. 622–646. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27633857>. Доступ 10.04.2022.
17. Nakagawa, Y., Nishida, J., Asao, H., Mukoko, B., Tamura, K. Application of AMP Collectors in Nairobi CBD for Transport Planning. Transportation Research Procedia, 2018, Vol. 34, pp. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.11.020>.
18. Abedi, N., Bhaskar, A., Chung, E., Miska, M. Assessment of antenna characteristic effects on pedestrian and cyclists travel-time estimation based on Bluetooth and Wi-Fi MAC addresses. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2015, Vol. 60, pp. 124–141. DOI: 10.1016/j.trc.2015.08.010.
19. Kusakabe, T., Yaginuma, H., Fukuda, D. Estimation of bus passengers' waiting time at a coach terminal with Wi-Fi MAC addresses. Transportation Research Procedia, 2018, Vol. 32, pp. 62–68. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.10.012.
20. Hong, J., Thakuriah, P. Examining the relationship between different urbanization settings, smartphone use to access the Internet and trip frequencies. Journal of Transport Geography, 2018, Vol. 69, pp. 11–18. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2018.04.006.
21. Oransirikul, T., Nishide, R., Piumarta, I., Takada, H. Measuring Bus Passenger Load by Monitoring Wi-Fi Transmissions from Mobile Devices. Procedia Technology, 2014, Vol. 18, pp. 120–125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.11.023>.
22. Martin, J., Mayberry, T., Donahue, C. [et al]. A Study of MAC Address Randomization in Mobile Devices and When it Fails. US Naval Academy, Proceedings on Privacy Enhancing Technologies, March 2017, 23 p. DOI: 10.1515/popets-2017-0054.

Информация об авторе:

Алексеев Николай Юрьевич – магистр по транспортному планированию НИУ ВШЭ, руководитель проектов АО «Ситроникс», Москва, Россия, alekseev-tm@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 21.06.2022, одобрена после рецензирования 11.07.2022, принята к публикации 13.07.2022.