

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 656.072

DOI 10.17816/transsyst20206220-33

© В. Н. Трегубов

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина
(Саратов, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ В ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Статья содержит авторский обзор технологий использования информации, предоставленной сотовыми операторами, которая позволяет получать сведения о передвижения населения и изучать паттерны транспортного поведения. Выполненный обзор литературы показывает, что развитие информационной индустрии и повсеместное использование мобильной связи является эффективным источником информации с точки зрения полноты охвата населения и оперативности получения данных. В статье описан отечественный опыт использования данной информации в специализированных системах, а также представлено описание авторской системы обследования городского транспорта.

Ключевые слова: большие данные, цифровые источники информации, данные сотовых операторов, транспортное обследование, умный город.

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© V. N. Tregubov

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
(Saratov, Russia)

MOBILE DATA USAGE IN URBAN TRANSPORT RESEARCH

The article contains a review of technologies for using the information provided by mobile operators in creating a transport survey and studying patterns of travel behavior. The literature review shows the widespread of using mobile communications as an effective source of information in terms of population coverage and data availability. In article described the domestic experience of using this information in custom information systems and presented the author's system of city transport survey.

Keywords: big data, digital sources of information, data from mobile operators, transport survey, smart city.

ВВЕДЕНИЕ

Население мира стремительно увеличивается, и люди предпочитают жить в городах. Это общая тенденция, которая в сочетании с экспоненциальным увеличением количества используемых беспроводных устройств, начиная со смартфонов и планшетов и заканчивая различными носимыми устройствами, создает потенциал для формирования единой сети устройств, находящихся в непосредственной близости друг от друга или в одном географическом районе.

Концепция умного города рассматривает возможности интеграции беспроводных умных устройств с городским пространством через технологию интернета вещей (IoT) [1]. Такая интеграция позволит улучшить управление различными городскими активами, такими как общественный транспорт, городское пространство, школы, больницы, остановки общественного транспорта, парки, водопроводные сети и т.д. При внедрении глобальных и стандартизированных решений следует учитывать, что среда IoT является очень динамичной, поэтому платформа "умного города" должна поддерживать гетерогенные устройства, быть масштабируемой и адаптируемой к внешним изменениям. Исследования различных платформ для реализации "умного города" можно найти, например, в [2].

Европейская модель «умного города» разрабатывается с 2007 года группой исследователей из технического университета Вены. Исследователи выделили шесть показателей, составляющих «умный город», а именно: «умная экономика», «умная мобильность», «умная среда», «умные люди», «умный образ жизни» и «умное управление», а также отобрали и классифицировали 70 средних европейских городов в соответствии с этими показателями [3].

В последнее десятилетие было выполнено множество исследований, посвященных изучению моделей мобильности пользователей и определению законов, описывающих передвижения людей в городском пространстве [4–6]. Существуют комплексные обзорные работы по различным аспектам анализа данных о мобильности пользователей [7]. Предлагаемые методы, касаются как анализа паттернов движения жителей, так и обработки данных пользователей на основе определения их местоположения, включая описание соответствующих европейских и международных хранилищ подобной информации [8]. Вот лишь небольшая часть из общедоступных хранилищ данных о перемещениях людей: WikiLoc, Twitter или Flickr с геометками, репозиторий Cawdad, CityBike и OpenStreetMap. Подобная информация также сохраняется в частных репозиториях, которые доступны через личные учетные записи, например, Endomodo или RunKeeper.

Использование подобных данных создает потребность в разработке специализированных методов интеллектуального анализа данных, а также инструментов добычи данных для качественной интерпретации, визуализации и определения статистической значимости данных. Результаты анализа можно использовать для улучшения города и улучшения локальных сервисов. Основные публичные хранилища таких данных в настоящее время активно используются в различных проектах, связанных с анализом городского транспорта и направленных на создание специализированных мобильных приложений и сервисов. Данные приложения имеют различные варианты реализации и их функции могут варьироваться, начиная от мониторинга физической активности отдельного жителя в целях охраны его здоровья, мониторинга активности пользователей в социальных сетях и заканчивая анализом экономического благополучия или определения воздействия токсичных выбросов на городскую среду.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ В ТРАНСПОРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Современные мобильные операторы используют геоаналитические технологии, которые позволяют им собирать данные о перемещениях граждан и отслеживать их местоположение с точностью до 500 метров. Собранные таким образом данные можно использовать в различных сферах. Например, департамент информационных технологий Москвы использует подобную геоаналитику с 2015 года и потратил из городского бюджета более полумиллиарда рублей на закупку геоаналитической информации у сотовых операторов [9].

Технологии геоанализа используют возможности мобильных телефонов, которые непрерывно отправляют сигнал на базовую станцию, идентификация абонента осуществляется через сим-карту [5, 9]. Информация о маршрутах перемещение абонентов накладывается на городскую карту и отражает основные транспортные и пассажирские потоки. Методы геоаналитики работают не так точно, как геопозиционирование через GPS, однако трекинг через сим-карту имеет ряд преимуществ. Основное из них состоит в том, что процесс сбора данных не контролируется пользователем, пользователь не может самостоятельно отключить отслеживание на своем устройстве. Чтобы избежать сбора информации о своих перемещениях необходимо вообще не использовать устройства с сим-картой.

Геоаналитические данные — это ряд агрегированных показателей, на основе которых можно определить:

- численность работающего на территории района населения;

- районы, которые являются источником наибольшего транспортного потока;
- индикаторы, отражающих численность населения, которая проживают в районе к общему числу работающих в нём;
- уровень сменяемости, как соотношение численности населения, проживающего в районе, но работающего за его пределами, к численности населения, работающего в этом районе, но проживающего за его пределами;
- количество поездок дом-работа, работа-дом с детализацией для каждого дня месяца или сезона года.

Главная цель сбора и обработки геоданных направлена на решение задачи совершенствования городской транспортной инфраструктуры. Выполнив обработку геоинформации городские власти могут принимать обоснованные решение о том, как и в каком месте требуется строить дополнительные транспортные развязки, автобусные остановки или станции метро. Кроме того, городские власти могут анализировать потоки людей на наиболее загруженных маршрутах в утренние и вечерние часы пик, выявлять предпочтения жителей по выбору транспорта, совершенствовать организацию работы светофоров и других объектов транспортной инфраструктуры.

Длительное время специалисты в городском планировании выполняли анализ транспортных потоков с помощью расчетных моделей используя результаты транспортных обследований. Технологии геоаналитического анализа и обработки больших данных дают исследователем новые возможности. Например, можно в реальном времени определять, сколько людей находится в пути из одной точки в другую, как поездки распределяются во времени и территории города и т.д. Недостаток существующей геоаналитической информации на основе данных сотовых операторов заключается в том, что полученные данные не являются абсолютно точными. Поэтому для их уточнения требуется дополнительно откалибровать существующие транспортные модели. В любом случае эти технологии являются важными для развития технологии умного города. С их использованием транспортные решения городских властей могут формироваться на основе необходимого информационного обоснования.

В настоящее время в России отсутствует законодательная регламентация рынка информации сотовых операторов. Закон о персональных данных запрещает использование персональных данных и передачу без согласия владельца. Однако, массив геоинформации является обезличенным, клиенты сотовых компаний в договорах на обслуживание дают согласие о том, что их информация может использоваться в агрегированном виде. Кроме того, в правительстве рассматривается ряд

законов о регламентации использования таких данных, в настоящее время данные законопроекты находятся в стадии доработки.

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выполненный нами обзор зарубежных научных публикаций по теме использование информации сотовых операторов для изучения транспортных перемещения жителей города показал, что существующие научные разработки по этой теме охватывают широкий круг исследовательских проблем. К настоящему времени в мире выработалось ряд технологий, которые можно эффективно использовать для получения необходимых для управления городской транспортной системой показателей.

В частности, информация, предоставляемая сотовыми операторами, может быть использована для того, чтобы определить следующие транспортные характеристики городской среды:

- посещаемость отдельных городских территорий;
- численность проживающих и их распределение по территории фактического проживания и мест приложения труда;
- связность различных частей города друг с другом, по данным реальных транспортных перемещений;
- характеристика потоков ежедневной трудовой миграции;
- транспортная доступность отдельных городских территорий.

Тем не менее, необходимо отметить, что даже существующее разнообразие методов анализа данных не полностью покрывает потенциальные потребности городской транспортной администрации в практическом использовании информации, предоставляемой сотовыми операторами. Необходимо более глубоко анализировать паттерны существующего транспортного поведения, чтобы выявить посещаемые территории города по времени суток, определить точные характеристики городских транспортных потоков.

В исследовании [10] предлагается подход к классификации базовых перемещений пользователей по различным типам. Авторы разработали схему первичной классификации каждого индивидуального изменения местоположения по типу «дом-работа», а затем с полчасовым шагом фиксируют все осуществляемые абонентом перемещения в рамках этих паттернов (типов помещений). Это позволяет рассматривать все внутрисуточные перемещения пользователя как последовательность изменений его состояний, а затем данные последовательности можно кластеризовать для всех проживающих на данной территории жителей, чтобы выявить типовые паттерны транспортных перемещений для групп жителей.

В исследовании [6] рассматриваются методы сопоставления траектории транспортных перемещений для различных мобильных абонентов. Авторами были предложены ряд метрик используемых для сравнения траекторий:

- оценка местоположения абонента в конкретном месте на территории города как вероятность для двух абонентов оказаться в одном месте;
- плотность транспортных перемещений, как физическое расстояние между двумя наиболее часто встречающимися местоположениями;
- взвешенное косинусное сходство пространства, характеризует частоту посещения различных мест на территории города;
- вероятность посещения, характеризует возможность оказаться в конкретном месте в течение одного и того же временного интервала.
- нормированная оценка местоположения, которая характеризует вероятность совпадения местонахождение пользователей в пространстве в одинаковый период времени, которые нормированы по плотности популяции на тот же момент времени для данного места.

С использованием полученных метрик авторы предлагают устанавливать существующие скрытые связи (общие паттерны транспортного поведения) между абонентами мобильных сетей. Собранный информация позволяет решать различные транспортные задачи по выявлению устойчивых транспортных маршрутов. Авторы отмечают, что когда мобильные абоненты, имеют схожее по метрикам транспортное поведение, то маршруты таких пользователей на городской транспортной сети также будут совпадать. Данная информация является основой для разработки модели городских транспортных потоков и для формирования матрицы корреспонденций.

Также для транспортного планирования необходимо определить динамику транспортных потоков в различных временных разрезах: отдельного дня, по дням недели, по сезонам года. Выявленная динамика может быть использована для того, чтобы корректировать транспортную модель, например, если учитывать особенности перемещений в будние и выходные дни, то можно выявить характер трудовых транспортных передвижений.

Важным направлением исследований является сопоставление информации, которая была получена от операторов сотовой связи, с данными которые могут быть рассчитаны на основе анализа существующего городского трафика. Это позволяет оценить качество имеющейся транспортной статистики, а при возникновении расхождении, выявить проблему и скорректировать показатели.

В работе [11] анализируется классическая модель, описывающая формирование матрицы корреспонденций, а также описаны техники

использования этой информации для проектирования новых маршрутов. Авторы считают, что использование информации от телекоммуникационных операторов существенно изменило подходы к моделированию транспортных потоков, так как как как позволило заменить традиционные подходы, когда используются данные, получаемые с использованием моделей прогнозирования на реальную информацию из текущей матрицы корреспонденций.

Новые подходы к транспортному планированию позволяют решать более сложные задачи управления городским транспортом, например, проект SOMOVI1 который представлен в работе [12] предлагает специализированный фреймворк для транспортного планирования. Этот фреймворк создается на основе информации, собранной у телекоммуникационных операторов. Используемый в исследовании подход позволяет построить матрицу корреспонденции с учетом вида транспорта которым пользовались мобильные абоненты в процессе своих транспортных передвижений.

Помимо собственно транспортного планирования, изучение мобильности людей способствует пониманию механизмов других явлений связанных с перемещением людей. Например, распространения различных эпидемии, что позволило установить, ряд интересных свойств, которые лежат в основе технологии городских перемещений. Подробный анализ моделей, которые могут быть использованы для описания городской мобильности с учётом трёх общепринятых показателей: распределение мест посещения, расстояние поездок, количество посещенных мест в течение суток. Обзор подходов которые используются для обработки таких данных содержится в работе [7]. Авторами представлены виды выявляемых социальных связей, формируемых на основе анализа информации предоставляемой мобильными компаниями. Также авторам было показано, что объём перемещений между двумя пунктами напрямую коррелирует с расстоянием между этими пунктами и интенсивностью коммуникация между ними.

В исследовании [13] описываются подходы построения паттернов транспортных перемещений для городской среды. Авторы убедительно демонстрируют, что современное общество и окружающая среда испытывают существенное влияние со стороны транспорта и выбор способа транспортных перемещений изменяет степень влияния людей. По мнению авторов шаблоны транспортного поведения можно унифицировать. Для описания типовых видов перемещения для более чем 90% людей достаточно всего 17 типов шаблонов. Полученные результаты показывают высокую стабильность используемого шаблона перемещения для конкретного человека. Учитывая эти тенденции ежедневное мобильность может моделироваться с использованием аппарата

марковских цепей. Например, поездки на длительные расстояния, а также долгосрочные и международные поездки являются достаточно редкими событиями. Краткосрочные поездки, включают в себя внутригородские поездки, в частности это поездки на работу или поездки в торговые центры. Эти поездки проходят с высокой регулярностью и соответствуют суточным циркадным ритмам людей.

СИСТЕМА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ «ГЕОАНАЛИТИКА»

На территории России исследования в области обработки больших данных, предоставленных федеральными сотовыми операторами, реализуются в рамках проект «Геоаналитика» [9]. Система ориентирована на обработку информации, предоставляемой сотовыми операторами, для формирования системы поддержки управленческих решений в различных сферах (транспорт, культура и т.д.) для органов исполнительной власти г. Москвы. В рамках этой системы для сбора статистической информации о населении были использованы технические возможности сотовых сетей, это различные радиочастотные события, которые регистрируют базовые станции. Персональные данные абонентов полностью исключаются из анализа, информация объединяется сразу от всех сотовых операторов, чем увеличивается точность аналитической обработки. В настоящее время система «Геоаналитика» применяется для решения широкого круга практических проблем в сфере городской торговли, экономики, транспортного моделирования, городского планирования и управления.

Ключевыми эффектами от использования геоаналитических данных в транспортном планировании являются:

- экономия денежных средств и времени которые были бы потрачены на обработку информации, используемой в процессе обоснования управленческих решений в городском планировании, традиционными методами;
- потенциальная возможность увеличения объема поступлений в городской бюджет за счет более эффективной организации городского транспорта;
- дополнительные финансовые поступления, зависящие от области внедрения данной системы, в частности, за счет оптимального проектирования новых территорий города, за счет улучшения системы организации культурных мероприятий и т.д.

Полученных с помощью системы «Геоаналитика» в городском и транспортном планировании позволяет существенно улучшить качество комплексного проектирования городской территории за счёт следующих факторов:

- повышения качества пространственные детализации различных статистических показателей о перемещениях людей;
- снижения возможной погрешности расчетов за счёт повышения точности используемых первичных данных;
- непрерывной актуализация информации на ежемесячной основе, что позволяет учитывать различные тренды в изменении транспортной подвижности населения, а также влияние сезонности.
- осуществления мониторинга динамики изменения паттернов транспортного поведения населения, а также оценка влияния различных градостроительных мер на функционирование транспорта.

В настоящий момент департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы активно использует результаты системы «Геоаналитика» для определения показателей, описывающих численность работающего населения, а также потоков маятниковой трудовой миграции между городом и районами области. Реальными примерами задач по повышению эффективности транспортного обслуживания в рамках города которые были решены с использованием системы «Геоаналитика» являются:

- создание методами мультиагентное моделирование единой транспортной модели Москвы, что позволило выполнить анализ потенциального спроса на систему линии скоростного автобусного транспорта, а также определить оптимальные показатели для маршрутов;
- анализ изменений спроса на междугородняя автобусная сообщение в рамках Московского региона, а также разработка технологии визуализации результатов в различных временных и пространственных среза;
- разработка Генерального плана Москвы;
- анализ динамики посещения различных территорий, которые примыкают к московским библиотекам для того, чтобы выполнить корректировку и оптимизацию графиков работы библиотек
- определение поведенческого портрета посетителя ВДНХ, что позволило разработать рекламную стратегию, направленную на повышение посещаемости данного объекта.

Так как различные города имеют определенное сходство в характере и ритме жизни, поэтому информационная система для обработки внутригородской информации, которая была создана на основе данных Москвы может с небольшими доработками использоваться на территории других городов. Компания «Геоаналитика» имеет подобный опыт, например, способы сбора информация и методики ее обработки были адаптированы для обработки данных для г. Казань. Полученная

аналитическая информация и технические показатели применялись в процессе разработки генерального плана города. Компания разработчик системы пытается найти возможность полной интеграции с органами исполнительной власти, чтобы обеспечить использование своей системы в рамках единой системы официальной транспортной статистики.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «СИНХРОДОК - ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ»

Информационная система для исследования пассажиропотоков на городских автобусных маршрутах «СинхроДок–Пассажи́рские перевозки» была разработана под руководством автора в 2012 году в Саратовском государственном техническом университете [14]. В ходе разработки информационной системы были установлены основные функции, которые система должна реализовать:

- возможность создания и редактирования единого информационного реестра маршрутов, транспортных предприятий, транспортных средств и их характеристик;
- возможность создания и редактирования единого информационного реестра учетчиков и их бригад;
- автоматизированная подготовка и обработки учетных документов;
- безопасности и секретности при обработке информации, многопользовательский ввод информации с автоматизированных рабочих мест в сети интернет;
- автоматизированный расчет основных технико-эксплуатационных показателей маршрутов, в частности: объема перевозок, пассажирооборота, средней длины поездки пассажира, коэффициент сменности пассажиров на маршруте и др.
- моделирование и сравнение вариантов использования подвижного состава различной вместимости на маршруте;
- графическое представление эксплуатационных показателей маршрута с возможностью исследования вариантов изменения показателей при различных управляющих воздействиях на систему в целом.

Для создания проекте использовались технологии: Windows Forms, XML, ASP.NET, Microsoft Access, Microsoft Excel. Для разработки приложений использовались языки программирования VB.Net и C#.Net. Для хранения данных была разработана специализированная реляционная база данных, которая позволяет хранить в едином хранилище всю собранную информацию. Для реализации базы данных использована платформа SQL Server.

В 2018 году данное приложение было модифицировано и добавлена возможность использования информации, полученной от сотовых операторов. Была создана библиотека для анализа матрицы корреспонденций города. Используется следующая информация сотового оператора: дата и время начала получасового интервала, за который предоставляется матрица, идентификатор зоны отправления, идентификатор зоны прибытия, количество человек, начавших поездку в заданный временной интервал для которых, предположительное время начала поездки, пол и возраст абонента, тип абонента (например, турист, автомобилист и т.п.).

Работа с приложением условно может быть разбита на три этапа: подготовительный, исследовательский и аналитический.

На подготовительном этапе заполняются справочники «Вид транспортного средства», «Транспортные предприятия», «Марки транспортных средств». Исходная информация для заполнения справочников представляется муниципальным предприятием «Управление городского транспорта», а также теми транспортными предприятиями, на маршрутах которых будет проводиться обследование.

На исследовательском этапе вносится информация сотовых операторов, проводится ее обработка и анализ. Также вносится информация, полученная из анкет обследования в транспортных средствах, выполняется ее обработка, осуществляется контроль правильности и уточнение на основе данных сотовых операторов.

На заключительно аналитическом этапе выполняется подготовка систематизированной информации о пассажиропотоках в обследованных городах. Для анализа разработана информационно-аналитическая система предназначена для хранения и обработки информации о пассажиропотоках по маршрутам города, она содержит описание методики анализа пассажиропотоков на маршрутах и результаты анализа. Был разработан Web-интерфейс для доступа к информации об обследованных маршрутах.

Описанная система прошла апробацию и была использована при проведении обследования пассажиропотоков на маршрутах городского общественного транспорта Саратовской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мобильные операторы разрабатывают геоаналитические технологии, которые позволяют им собирать данные о перемещениях жителей городов. Технологии геоанализа используют возможности мобильных телефонов, которые непрерывно отправляют сигнал на базовую станцию, а идентификация абонента осуществляется через сим-карту. Информация о

маршрутах перемещение абонентов накладывается на городскую карту и отражает основные транспортные и пассажирские потоки.

На основе этой информации можно создавать системы для обработки информации, предоставляемой сотовыми операторами, для формирования системы поддержки управленческих решений в сфере транспорта. В рамках подобных систем производится непрерывный сбор статистической информации о населении. Персональные данные абонентов полностью исключаются из анализа, информация объединяется сразу от всех сотовых операторов, чем увеличивается точность аналитической обработки.

Реализация подобных технологий обеспечивает повышение качества пространственной детализации статистических показателей о перемещениях людей, непрерывную актуализацию информации, осуществление мониторинга паттернов транспортного поведения, а также позволяет выполнить оценку влияния различных градостроительных мер на функционирование транспорта.

Автор заявляет, что настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Намиот Д.Е. О стандартах Умного Города // Информационное общество. – 2017. – № 2. – С. 45–52. [Namiot DE. On Smart Cities Standards. *Information Society*. 2017;245-52; (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30353087>. Ссылка активна на: 02.03.2020.
2. Kamargianni M, Li W, Matyas M, Schäfer A. A Critical Review of New Mobility Services for Urban Transport. *Transportation Research Procedia* [Internet]. Elsevier BV; 2016;14:3294-303. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.277>
3. TUWIEN, European Smart Cities project. Доступно по: www.smart-cities.eu Ссылка активна на: 02.03.2020.
4. Намиот Д.Е., Кутузманов З.М., Федоров Е.А., Покусаев О.Н. Об оценке социально-экономических эффектов городской железной дороги // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2018. – Т. 6. – № 1. – С. 92–103. [Namiot DE, Kutuzmanov ZM, Fedorov EA, Pokusaev ON. Ob otsenke sotsial'no-ekonomicheskikh effektov gorodskoy zheleznoy dorogi. *International Journal of Open Information Technologies*. 2018;6;1;92-103. (In Russ.)]. Доступно по: <http://rut.digital/wp-content/uploads/2018/01/Об-оценке-социально-экономических-эффектов-городской-железной-дороги.pdf> Ссылка активна на: 02.03.2020.
5. Намиот Д.Е., Покусаев О.Н., Чекмарев А.Е. Использование данных телекоммуникационных операторов в транспортном планировании // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2019. – Т. 7. – № 12. – С. 51–59. [Namiot DE, Pokusaev ON, Chekmarev AE. Ispol'zovanie dannykh telekommunikatsionnykh operatorov v transportnom planirovanii. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019;7(12):51-59 (In Russ.)]. Доступно по: [file:///C:/Users/user/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/852-2616-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/852-2616-1-PB%20(1).pdf) Ссылка активна на: 02.03.2020.

6. Wang D, Pedreschi D, Song C, Giannotti F, et al. Human mobility, social ties, and link prediction. Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining - KDD '11 [Internet]. ACM Press; 2011; Available from: <http://dx.doi.org/10.1145/2020408.2020581>
7. Lohan E-S, Kauppinen T, Debnath SBC. A survey of people movement analytics studies in the context of smart cities. 2016 19th Conference of Open Innovations Association (FRUCT) [Internet]. IEEE; 2016; Available from: <http://dx.doi.org/10.23919/fruct.2016.7892195>
8. González MC, Hidalgo CA, Barabási A-L. Understanding individual human mobility patterns. Nature [Internet]. Springer Science and Business Media LLC; 2008;453(7196):779-82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nature06958>
9. Полунина М.В., Ельникова Е.А., Аветисян С.Т. Новый цифровой источник статистической информации о населении // Вопросы статистики. – 2018. – Т. 1. – № 25. – С. 74-85. [Polunina MV, El'nikova EA, Avetisyan ST. Novyy tsifrovoy istochnik statisticheskoy informatsii o naselenii. *Voprosy statistiki*. 2018;1(25):74-85. (In Russ.)]. Доступно по: <https://voprstat.elpub.ru/jour/article/view/621#f>. Ссылка активна на: 30.11.2019.
10. Farrahi K, Gatica-Perez D. Discovering routines from large-scale human locations using probabilistic topic models. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology [Internet]. Association for Computing Machinery (ACM); 2011 Jan 1;2(1):1-27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1145/1889681.1889684>
11. Çolak S, Alexander LP, Alvim BG, Mehndiratta SR, et al. Analyzing Cell Phone Location Data for Urban Travel. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board [Internet]. SAGE Publications; 2015;2526(1):126-35. Available from: <http://dx.doi.org/10.3141/2526-14>
12. Elias D, Nadler F, Stehno J, Krösche J, et al. SOMOBIL – Improving Public Transport Planning Through Mobile Phone Data Analysis. Transportation Research Procedia [Internet]. Elsevier BV; 2016;14:4478-85. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.370>
13. Schneider CM, Belik V, Couronné T, Smoreda Z, et al. Unravelling daily human mobility motifs. Journal of The Royal Society Interface [Internet]. The Royal Society; 2013 Jul 6;10(84):20130246. Available from: <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2013.0246>
14. Трегубов В.Н., Рулев К.В. Экономическое исследование и классификация маршрутов общественного транспорта с использованием технологии логистической синхронизации // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – № 1 (44). – С. 258–265. [Tregubov VN, Rulev KV. Economic Research and Classification of Public Transport Routes Using Logistics Synchronization. *Vestnik Saratov State Technical University*. 2010;1(44):258-265. (In Russ.)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskoe-issledovanie-i-klassifikatsiya-marshrutov-obshchestvennogo-transporta-s-ispolzovaniem-tehnologii-logisticheskoy> Ссылка активна на: 02.03.2020.

Сведения об авторе:

Трегубов Владимир Николаевич, д.э.н., доцент;
eLibrary SPIN: 5528-8060; ORCID: 0000-0002-7793-3605;
Scopus Author ID: 57207912473;
E-mail: tregubovvn@outlook.com

Information about author:

Vladimir N. Tregubov, Doctor of Economics, Associate Professor;
eLibrary SPIN: 5528-8060; ORCID: 0000-0002-7793-3605;
Scopus Author ID: 57207912473;
E-mail: tregubovvn@outlook.com

Цитировать:

Трегубов В.Н. Использование информации сотовых операторов в городских транспортных исследованиях // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 20–33. doi: 10.17816/transsyst20206220-33

To cite this article:

Tregubov VN. Mobile Data Usage in Urban Transport Research. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):20-33. doi: 10.17816/transsyst20206220-33