

# Методика мониторинга мобильности маятниковых трудовых мигрантов в Подмоскowie

Юлия Ю. Шитова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный гуманитарный университет, Москва, 125047, Россия

Получено 29 October 2021 ♦ Принято в печать 27 December 2021 ♦ Опубликовано 31 March 2022

**Цитирование:** YuYu Shitova (2022) Methodology for Monitoring the Mobility of Circular Labour Migrants in Moscow Region. Population and Economics 6(1): 1–13. <https://doi.org/10.3897/popcon.6.e77308>

## Аннотация

В настоящей работе представлена оригинальная авторская методика мониторинга маятниковой трудовой миграции в регионе на примере Подмоскowie. В ее основе лежит регулярный сбор информации в режиме реального времени от платформы Яндекс.Пробки о состоянии региональной транспортной сети через запрос и сохранение времени поездок для фиксированного набора автомобильных маршрутов (базовой выборки), покрывающих исследуемый регион. Анализ данных, собранных в течение двух последних лет, позволил изучить структуру и динамику потерь времени на поездки маятниковыми трудовыми мигрантами. Временная динамика потерь является чувствительной к таким событиям, как локдауны и праздники. Полученные оценки показывают устойчивую цикличность потерь времени на поездки в течение дня и недели, что подтверждает валидность предложенного автором индикатора. Установлено, что потери времени по поездкам в часы пик в 2,5 раза превышают потери при езде без пробок. В заключении работы обсуждаются перспективы масштабирования авторской методики на любые регионы, в которых присутствует платформа Яндекс.Пробки.

## Ключевые слова

маятниковая трудовая миграция, Москва, Подмоскowie, геоинформационные системы, анализ ГИС

**Коды JEL:** J22, J61

## 1. Введение

Мониторинг структуры и динамики маятниковой трудовой миграции (МТМ; в дальнейшем данная аббревиатура используется для обозначения и мигрантов, и миграции как процесса,

конкретный вариант понятен из контекста) дает важную информацию для выработки решений о развитии транспортной инфраструктуры, управления точками роста и т.д. В то же время развитие исследований в этой сфере ограничено нехваткой статистической информации.

Технологии, связанные с геоинформационными системами (ГИС), стали относительно новым и востребованным методом, используемым для анализа мобильности населения и связанных с этим аспектом проблем. Обзор литературы показывает, что данные ГИС уже используются для решения целого ряда задач в обсуждаемой области исследований.

Одно из существующих направлений — это использование ГИС для анализа динамики, структуры и прогноза МТМ. Пространственная динамика МТМ в Юго-Восточном Квинсленде (Австралия) была исследована на основе данных переписи 1996 и 2006 гг. [Li et al., 2016], где ГИС применялись для определения среднего времени поездок маятниковых мигрантов, а также для оценки доли людей, живущих и работающих в одном регионе (не МТМ). Целью этого анализа было обеспечение данных для дискуссии по изменению урбанистической политики с целью уменьшения длины маятниковых миграционных перемещений. Интересно, что в результате разница в динамике МТМ за 10 лет вышла незначительной в региональном масштабе, обнаружились лишь вторичные эффекты на локальных уровнях. Взаимосвязь МТМ с пространственными эффектами в Буазе (Айдахо, США; Boise, Idaho, USA metropolitan area) изучалась в [Niedzielski et al., 2013], где ГИС использовались для симуляций маршрутов МТМ, использующихся далее для расчета пространственных показателей городского развития. Социально-экономические изменения в МТМ, влияние городского землепользования и транспортной политики на МТМ в городе Веллингтоне и его окрестностях (Новая Зеландия) анализировались в [Mackenbach et al., 2016], при этом объединялись данные выборочного обследования *New Zealand Household Travel Survey* и данные ГИС по землепользованию и транспортной инфраструктуре. Эффект уменьшения количества людей, пользующихся железнодорожным транспортом в агломерации Осаки с 1990 по 2000 гг., обнаружен в [Sakanishi, 2006], где до этого в течение 40 лет наблюдался рост. В этой работе ГИС использовалась для оценки изменения пространственной локации проживания и картины МТМ по отношению к пространственной локации железнодорожной сети. Установлено, что дисперсия мест работы с 1990 по 2000 гг. существенно уменьшила число МТМ, пользующихся железнодорожным транспортом. Демографический анализ показывает, что снижение рождаемости и старение населения Японии в наступающие десятилетия будет уменьшать количество людей, пользующихся железнодорожным транспортом, что чревато серьезными экономическими проблемами для железнодорожных компаний. Сравнение пространственного расположения мест жилья и работы в Северо-Западной Англии на основании ГИС использовалось для выработки рекомендаций по политике в области землепользования и предпочтений при размещении бизнеса [Hincks, Wong, 2010]. Исследования популярной темы «избыточной» МТМ проводились в округе Леон (Флорида, США), при этом по ГИС определялись время и длина поездок, а также привязка и извлечение информации по различным геокластерам проживания, поездок и т.п. [Horner, 2008]. Наконец, противоборство центробежных и центростремительных направлений развития агломераций в Канаде на основе ГИС-подхода был изучен в [Partridge et al., 2007].

*ГИС и геозонирование* — еще одно актуальное направление исследований, в которых рассматривается взаимосвязь географических индикаторов (геолокаций районов в городе, городов в стране и т.п.) с другими показателями. Корреляция географии бизнеса с уровнями развития территорий и инфраструктуры на основе ГИС-подхода была изучена в Индии [Wood, 2003].

В работе [Meredith et al., 2007] при помощи ГИС моделировались пути дом — работа для выборки в 15% ирландцев (220 тысяч человек, выборка известна как POWAR БД), что позволило построить подробную карту мобильных паттернов МТМ. Эмпирическая связь между балан-

сом дом — работа (job-housing ratio, JHR) и паттернами МТМ была исследована при помощи ГИС в Портланде (метрополия Орегона, США) с точки зрения времени и длины поездок [Peng, 1997]. С целью кластеризации функциональных городских зон (Functional Urban Areas, FUA) в Эквадоре использовались ГИС QGIS и Stata для определения длины и времени поездок между заданными геокоординатами [Obaco et al., 2016]. Изменение районов проживания и паттернов МТМ в двух крупнейших агломерациях Дании (Копенгаген и Аархус) с 1982 по 2002 гг. исследовано в [Nielsen, Novgesen, 2005] при помощи ГИС ArcGIS/ArcView. Если в столице наблюдается усиление моноцентрической агломерации (укрепление ядра, рост пригородов и удлинение МТМ), то в Аархусе проявляются процессы полицентрической агломерации (формирование нескольких центров притяжения при том же росте периферийной зоны). Границы и паттерны коммерческой активности в центре Пешавара (Пакистан) идентифицировались при помощи ГИС, которая использовалась для определения контуров района по землепользованию (местам жительства) и рабочим местам на базе геопространственного анализа [Ali et al., 2018].

Другой популярный тренд в современной аналитике — это *ГИС-анализ транспорта*. Паттерны транспортных потоков МТМ были реконструированы в Нью-Йорке и Амстердаме [Arribas-Bel, Gerritse, 2012]. Пространственное распределение разницы между МТМ на машинах и публичном транспорте во время и вне часов пик были исследованы во Фландрии (Бельгия), при этом полученные оценки показывают значимые различия на фоне отсутствия альтернатив машинам во многих районах [Dewulf et al., 2015]. Новый индикатор доступности публичного транспорта (public transport accessibility index, РТАИ) был предложен на примере Мельбурна (Австралия) [Saghapour et al., 2016]. На основании данных обследования *The Victorian Integrated Survey of Travel and Activity* (VISTA) исследовалась корреляция между РТАИ и долей пользования публичным транспортом. Показано, что РТАИ лучше коррелирует с долей пользования публичным транспортом, чем другие показатели. В работе [Larsen et al., 2007] исследовалось влияние изменения цен на публичный транспорт на паттерны МТМ — здесь ГИС, разработанная техническим университетом Копенгагена, использовалась для выдачи информации по стоимости проезда в зависимости от геокоординаты.

Среди других направлений использований ГИС можно назвать анализ взаимосвязи *мобильности населения с ценами на жилье*; современные ГИС позволяют строить мультимодальные поездки разными видами транспорта, на чем строится *сравнение разных видов транспорта*, используемых МТМ. Набирает популярность анализ мобильности *экологичными* (зелеными) видами транспорта: велосипеды, самокаты и др. Практически во всех крупных городах мира появились велосипедные сети, информация с которых используется в анализе мобильности населения различными способами. Большой пласт работ посвящен *методическим проблемам* подхода: проверка точности ГИС-расчетов и возникающих при этом систематических погрешностей.

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что ГИС-подход к анализу МТМ является популярным трендом современного анализа. При этом большинство научных работ решают частные прикладные задачи. Вместе с тем современные ГИС-платформы работают непрерывно, производя большие данные, анализ которых позволяет вести непрерывный мониторинг показателей.

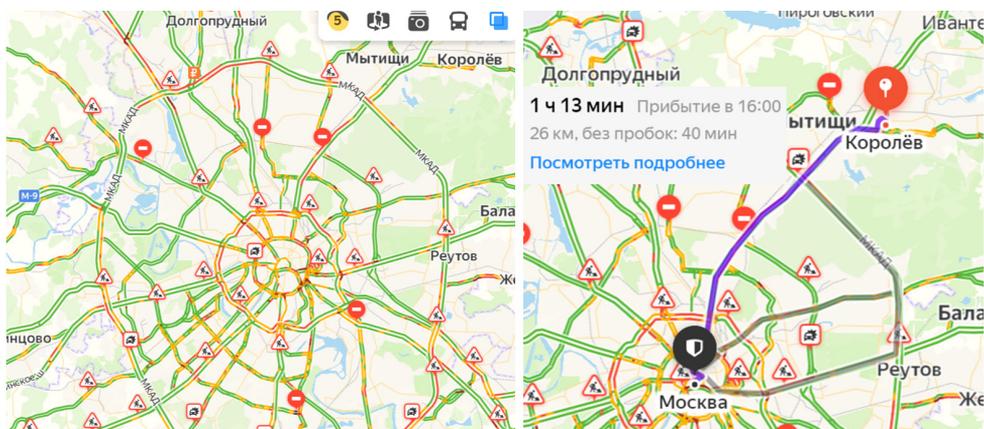
В настоящей работе предлагается оригинальная авторская методика пространственного микроанализа МТМ на основе данных, получаемых в непрерывном режиме от постоянно функционирующей онлайн-платформы Яндекс.Пробки, представляющей собой ГИС. Это позволяет вести мониторинг мобильности населения, внедряя автоматически обновляющиеся индексы, получать уникальный охват и пространственную детализацию процессов МТМ. Представленная работа является очередным этапом, продолжающим, развивающим и расширяющим серию наших исследований маятниковой трудовой миграции в Подмоскowie [Шитова, 2010; Шитова, Шитов, 2016; Шитова и др., 2020].

## 2. Методика исследования

Основной целью исследования является анализ структуры и динамики потерь времени в автомобильных поездках МТМ по данным мониторинга транспортных магистралей в двух регионах России — Москве и Московской области.

### ГИС-платформа

В основе методики лежит сбор первичной информации о состоянии дорожной сети от ГИС-платформы Яндекс.Карты [Яндекс.Карты; Яндекс.Пробки], которая в режиме реального времени собирает, обрабатывает и выдает пользователям информацию о пробках. Два основных способа ее работы — это а) визуализация пробок; б) построение маршрута движения по точкам, заданным пользователем, с учетом и без учета пробок (см. рис. 1).



**Рис. 1.** Слева: дорожная ситуация в Москве на 14:37 28 октября 2021 г. согласно Яндекс. Пробки. Малая загрузка для такого времени (5 баллов, желтая пиктограмма вверху) связана с объявленным в Москве и области локдауном в период 28 октября — 7 ноября. Справа: построение маршрута поездки на автомобиле из Королева в Москву. На врезке — информация о расстоянии и временах поездки с учетом текущих пробок и без них. *Источник:* построено автором.

Данные функции востребованы пользователями, что определяет большую популярность продуктов Яндекс: мобильные приложения от Яндекс (Карты, Навигатор и т.п.) установлены и активно используются практически каждым автомобилистом. В результате Яндекс получает информацию о положении автомобиля пользователя (от GPS мобильного устройства) раз в пять секунд. Анализ прежде всего этой информации позволяет Яндексу оперативно (раз в три минуты) рассчитывать и обновлять данные о состоянии дорожной сети (см. карту на рис. 1 слева) с точностью до сегментов отдельных улиц [Как мы оцениваем..., 2017].

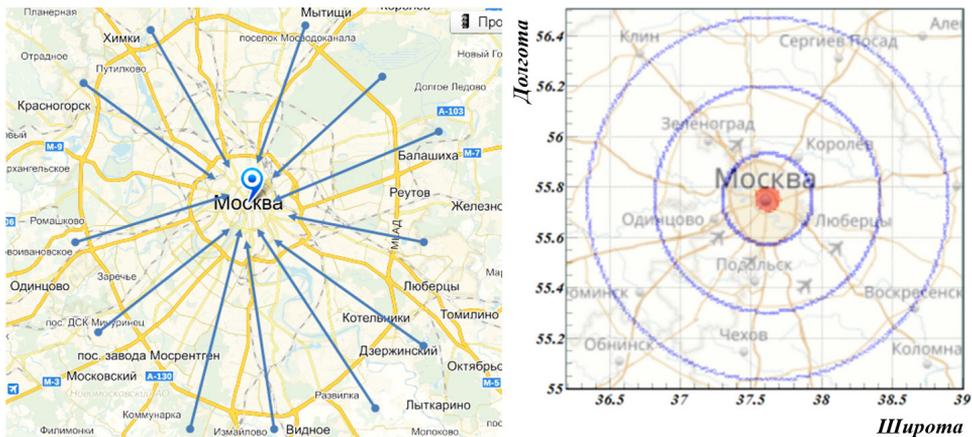
Балльная оценка ситуации, используемая Яндексом [Как работают...], хороша для визуального представления информации и бытового применения. Однако по ряду причин ее нельзя использовать для точных расчетов в исследованиях. Главная проблема — это *относительность* данного показателя, поскольку баллы по каждому маршруту считаются относительно некоторого *эталонного времени проезда (без пробок)* по этому маршруту, которое: а) устанавливается произвольно и б) может быть изменено в любой момент времени. Поэтому баллы:

- нельзя напрямую конвертировать в социально-экономические индикаторы (временные или денежные потери и т.п.);
- при сохранении в виде временных рядов могут быть некорректными, поскольку система расчетов (эталонное время проезда) может быть изменена без уведомления, и проконтролировать этот момент не представляется возможным.

Наконец, балльная оценка является интегральным показателем (для всего региона), что не позволяет исследовать пространственные эффекты. В связи с этим вместо баллов Яндекс.Пробки автор этой работы использует *абсолютные показатели*: время и расстояние по маршруту. Расчеты, основанные на основе таких показателей, лишены недостатков, описанных выше для балльной методики.

## Базовая выборка

Для комплексного анализа ситуации мы должны обладать информацией о состоянии транспортной сети в ключевых геоточках региона. Безусловно, мы не обладаем возможностями платформы Яндекс.Карты, раз в пять секунд получающей информацию от практически каждого автомобиля в пути и контролирующей дорожную ситуацию с точностью до отдельных сегментов дорог в Москве и ее области. Вместо этого мы формируем *базовую выборку* виртуальных МТМ таким образом, чтобы их пути «дом — работа» равномерно покрывали географическую область, транспортную ситуацию в которой мы хотим отслеживать. К примеру, для оценки транспортной обстановки в пределах МКАД (с ярко выраженной радиальной структурой) мы размещаем дома представителей базовой выборки по радиусу МКАД, а места работы выбираем в центре Москвы (см. рис. 2, слева).



**Рис. 2.** Слева: пример базовой выборки для мониторинга транспортной сети внутри МКАД. МТМ (синие стрелки) проживают сразу за МКАД и работают в центре Москвы. Справа: места проживания (синие окружности) и работы (красное пятно в центре) МТМ из базовой выборки исследования в привязке к карте. *Источник:* построено автором.

Запрашивая в течение короткого интервала времени маршруты «дом — работа» и «работа — дом» с учетом и без учета пробок для каждого члена выборки, мы получаем *снимок (snapshot) транспортной ситуации в рассматриваемой области в определенный момент времени.*

Принципиально важным моментом является *фиксация* базовой выборки МТМ по аналогии с построением базы респондентов в панельных исследованиях. Это необходимо, чтобы из данных, собранных в разные моменты времени, получались корректные временные ряды.

**Сбор данных** осуществляется через программный интерфейс (API) Яндекс.Карт в автоматическом режиме при помощи специально разработанного программного обеспечения. Программа запускается с заданной периодичностью, делает запросы к маршрутизатору Яндекс.Карт для всей базовой выборки, получает результаты и выполняет **сохранение данных** в базе данных.

**Объем выборки** напрямую определяет статистическую точность результатов: чем больше выборка, тем точнее результаты. Однако слишком большая выборка создает проблемы из-за лимита на количество запросов к маршрутизатору Яндекс.Карт, который ограничен 25 тысячами в сутки. Превышение лимита приводит к блокировке IP-адреса компьютера, с которого ведется сбор данных. Решением проблемы может стать мультиклиентский режим сбора данных, который возможно реализовать в будущем.

## Индикаторы

Основным показателем в анализе данных являются *временные потери МТМ в поездках из-за пробок*. Загруженность дорог формируется не только под влиянием перемещений маятниковых мигрантов, но и в результате поездок жителей по личным делам в черте города и за его пределы (на дачи, в места отдыха и т.д.). Несмотря на это, необходимости очищать данные от этих эффектов нет, поскольку потери времени МТМ определяются фактической ситуацией с пробками. Изначально предполагалось, что удельные потери из-за пробок по каждому маршруту из базовой выборки будут рассчитываться по формуле

$$E = (TP - T0) / L, \quad (\text{формула 1})$$

где  $TP$ ,  $T0$  — время в пути по маршруту  $L$  с пробками и без пробок соответственно. Однако в ходе работы было обнаружено, что Яндекс.Пробки не позволяет получить  $TP$  и  $T0$  *одновременно в одном* запросе. А в *двух разных* запросах на получение  $TP$  и  $T0$  по отдельности, даже если они оправлены почти одновременно, а конечные точки маршрута совпадают, ГИС может вернуть *разные* маршруты из-за специфики ее работы (асинхронность и нестрогость решения задачи маршрутизации). В связи с этим методика расчета по формуле (1) оказалась нереализуемой при существующем на данный момент функционале API Яндекс.Карт.

Поэтому для определения времени поездки без пробок был применен другой подход. Для каждого наблюдения из выборки по всем накопленным данным за анализируемый период было рассчитано *минимальное удельное время его передвижения* с учетом пробок

$$UT_{MIN}^{ID} = \text{МИН}(TP / L). \quad (\text{формула 2})$$

Эта расчетная величина принималась за  $T0$  — *время поездки без пробок*. Важно отметить, что оценка по формуле (2) оказалась *более надежной*, чем оценка по формуле (1), поскольку величина  $T0$  — это фактически *эталонное время движения*, лежащее в основе балльной системы Яндекс.Карт. Именно субъективность и возможность изменения в любой момент времени показателя  $T0$  в самом маршрутизаторе является причиной слабости балльной оценки, описанной выше. Манипулировать показателем, полученным по формуле (2), значительно сложнее, и существуют способы контроля такого вмешательства. Однако детальное обсуждение этого аспекта выходит за рамки настоящей работы.

Наиболее удобный способ представления потерь из-за пробок ( $E_R$ ) — в относительных единицах:

$$E_R = UT^{ID} / UT_{MIN}^{ID} \geq 1. \quad (\text{формула 3})$$

Индивидуальные потери, оцененные по формуле (3), затем могут усредняться в любые агрегированные показатели как по множествам (группам) внутри выборки, так и по любым временным периодам в зависимости от конкретной задачи.

## Реализация методики

Поскольку объектом настоящего исследования является мониторинг условий поездок МТМ московской агломерации, в качестве базовой выборки мы взяли 20 тысяч виртуальных жителей, проживающих по радиусам в 20, 50 и 80 км от Москвы и работающих в центре Москвы (см. рис. 2, справа). Такой выбор обусловлен желанием собирать информацию о МТМ, совершающих близкие, средние и дальние поездки по маршруту «дом — работа». Сбор данных осуществлялся ежечасно, выполнение запросов по всей базовой выборке составило в среднем 5–10 минут. Проект стартовал в 2017 г., однако в полном масштабе данные собираются с октября 2019 г.

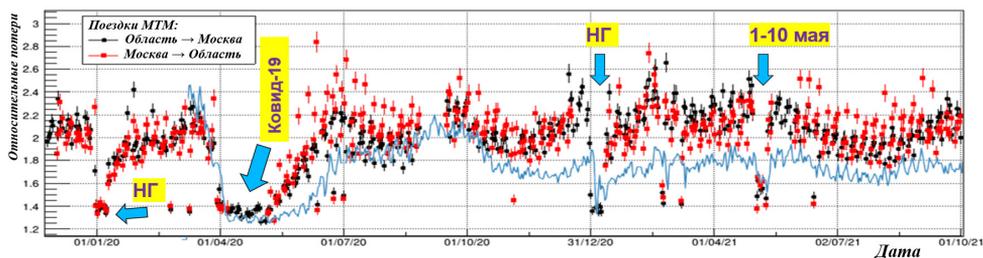
**Гипотеза исследования** заключается в том, что анализ структурной и временной динамики потерь времени в пути коррелирует с важными событиями региональной жизни, такими как стихийные бедствия, социальные ограничения (например, введение временных ограничений на передвижения или работу во время пандемии COVID-19), неблагоприятные погодные условия, ремонтные и строительные работы на объектах транспортной инфраструктуры и др. Постоянный оперативный мониторинг состояния транспортной сети с помощью онлайн-платформ ГИС позволяет быстро выявлять возникающие проблемы и оценивать динамику их развития, прогнозировать последствия. Представленные в следующем разделе результаты и их обсуждение позволят нам проверить справедливость предложенной гипотезы.

## 3. Основные результаты и дискуссия

### Временная динамика

Анализ временного ряда потерь времени на поездки МТМ из сформированной базовой выборки представляет особый интерес, поскольку этот показатель наиболее чувствителен к «ритму региональной жизни» и фиксирует все нарушающие его аномалии.

**Динамика средних показателей по выборке.** На рис. 3 показаны средние дневные потери времени на поездки МТМ в часы пик (рабочие дни с 7 до 11 часов для поездок «дом — работа» и с 17 до 20 часов для поездок «работа — дом»), рассчитанные по формуле (3). На представленном графике можно обнаружить следующие закономерности:



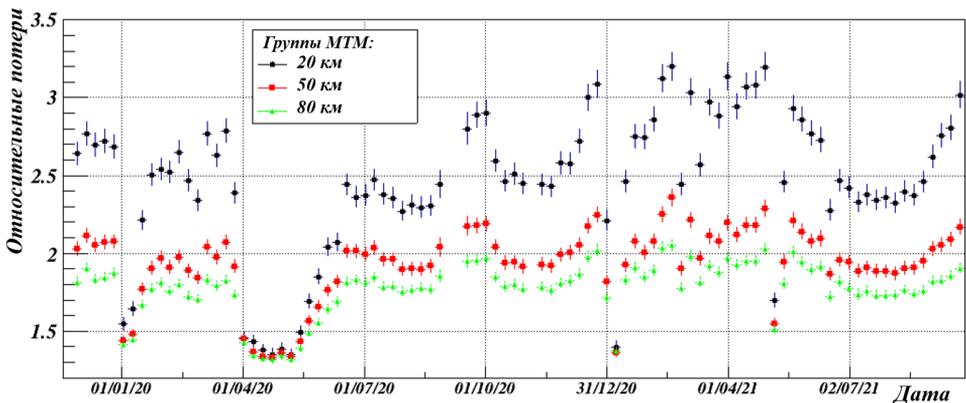
**Рис. 3.** Средние дневные потери времени на поездки МТМ в часы пик из дома на работу (черные точки) и обратно (красные точки). Синяя кривая — Citymapper mobility index (СММИ; [Citymapper mobility index..., 2021]). *Источник:* построено автором. *Примечание:* подгонка масштаба СММИ сделана на отрезке март–апрель 2020 г.

- Фундаментальное снижение активности из-за локдауна в связи с развитием пандемии COVID-19 (апрель–июль 2020 г.). Локдаун в России был объявлен с 1 апреля, и в этот момент трафик упал до минимальных показателей, державшихся весь апрель. Однако в мае наблюдается постепенное оживление и подъем мобильности с полным восстановлением к началу июля. Вместе с нашими расчетами на рис. 1 показан Citymapper mobility index (СММИ) от популярного приложения [Citymapper mobility index..., 2021], действовавший с апреля 2020 г. по сентябрь 2021 г. для отслеживания изменений мобильности населения в связи с пандемией в 41 городе мира. Сравнение наших данных с СММИ показывает близкую динамику, если не учитывать общее снижение активности, показываемое СММИ с июля 2020 г. по сравнению с его же показателями в марте 2020 г., на фоне полного восстановления активности по результатам расчета автора. Описанное расхождение может быть связано с общим сокращением количества людей, пользующихся приложением (от этого зависит методика расчетов) или переходом части пользователей приложения Citymapper в режим онлайн-работы, что тоже уменьшает показатели мобильности.
- Четко виден цикл внутри недели: спад по выходным и большая нагрузка по рабочим дням (об этом подробнее будет сказано далее).
- Видны годовые циклы активности: спад в начале года, средняя активность летом (влияние сезона отпусков) и максимальный рост активности осенью и к концу года, обрывающийся на новогодние каникулы.
- Прослеживается снижение активности в периоды праздников. В первую очередь это касается новогодних праздников (начало января). Кроме того, последним существенным спадом стали длинные майские выходные (10 дней) в 2021 г., когда было специально объявлено о «виртуальной изоляции» для смягчения последствий новой волны распространения коронавируса.
- Видна асимметрия потерь центр — область против область — центр, видимо, связанная с ремонтными и строительными работами на дорогах.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что МТМ, едущие в часы пик, в среднем тратят на дорогу в 1,8–2,4 раза больше времени, чем занимает путь без пробок.

Таким образом, гипотеза о чувствительности исследуемого показателя к аномальным процессам в регионе подтверждается результатами исследования.

**Сравнение динамики между группами.** На рис. 4 показаны средние недельные потери в разрезе трех групп МТМ, из которого видно, что больше всех страдает от пробок ближняя

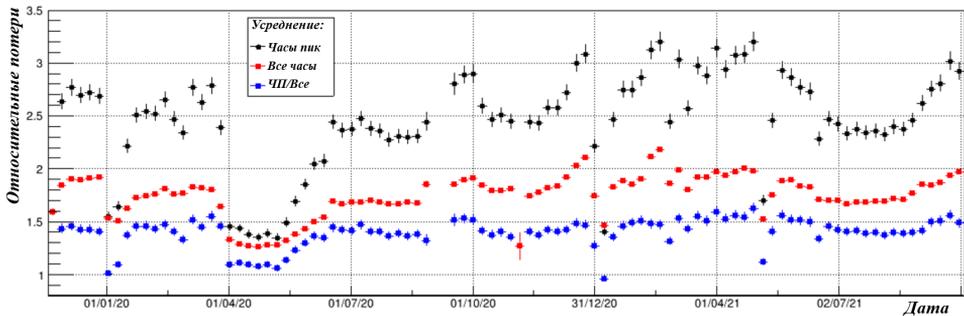


**Рис. 4.** Внутринедельные потери на дорогу «дом — работа» в часы пик среди трех групп выборки, проживающих на расстояниях 20 км (черные точки), 50 км (красные точки) и 80 км (зеленые точки) от Москвы и работающих в центре. *Источник:* построено автором.

группа (проживание на расстоянии до 20 км от Москвы). Различия в удельных потерях средней (50 км) и дальней (80 км) групп МТМ минимальны и в относительном измерении оказываются существенно меньше, чем у ближней группы.

Этот результат показывает, что ядро пробок имеет радиус менее 20 км, именно на него приходятся основные потери МТМ. Кольцо, удаленное на расстояние 20–80 км от центра города, менее проблематично, о чем говорит близость показателей МТМ средней и дальней групп. Однако не стоит забывать, что это усредненные за неделю показатели, существенные отклонения от среднего поведения наблюдаются довольно часто, о чем говорит разброс точек на рис. 3. Кроме того, из приведенных временных рядов видно, что в 2021 г. потери времени в пути примерно на 20% увеличились по сравнению с 2020 г.

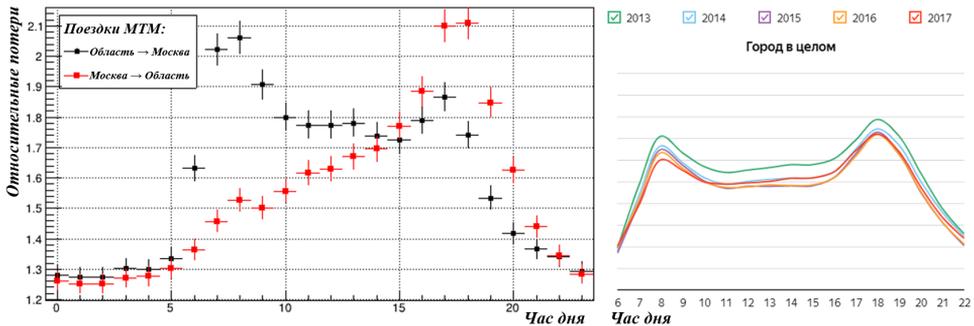
**Эффект часов пик.** На рис. 5 показано сравнение временных потерь поездок в часы пик против средних показателей. Из приведенных данных видно, что длительность поездок в часы пик стабильно оказывается в 1,5 раза выше средних показателей и в 2,5 раза выше оцененных индикаторов для часов вне пиковой нагрузки.



**Рис. 5.** Потери на пути «работа — дом» для ближней группы МТМ (20 км от центра): усреднение за неделю в часы пик (черные точки), по всем данным (красные точки) и их соотношение (синие точки). *Источник:* построено автором.

### Циклические паттерны

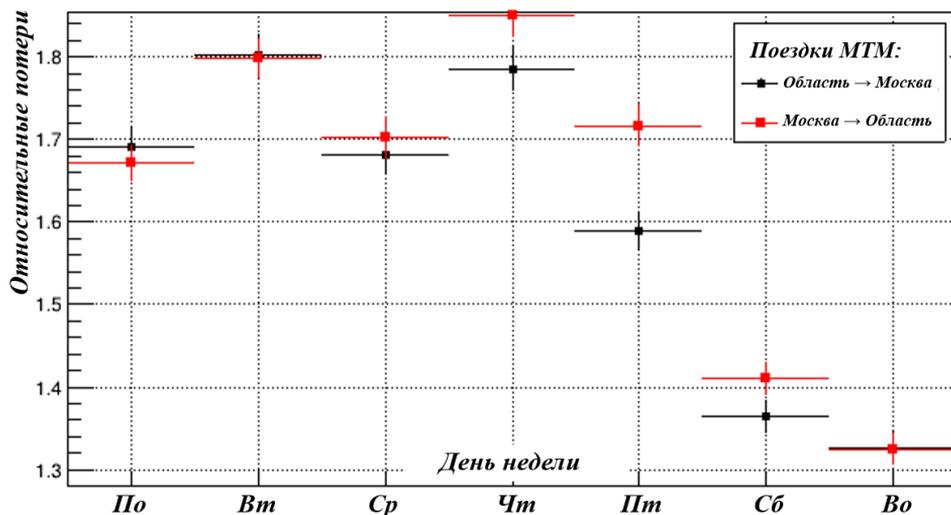
**Внутридневной цикл.** Для исследования данного процесса были проанализированы распределения загрузки транспортной сети по часам в течение дня, усредненные по различным периодам — день, неделя, месяц. На рис. 6 показан внутридневной цикл загрузки дорог, на котором



**Рис. 6.** Слева: внутридневные потери на поездки в зависимости от времени суток (группа, проживающая в 20 км от Москвы, усреднение по данным января 2020 г.). *Источник:* построено автором. Справа: аналогичный график в исследованиях Яндекса. *Источник:* [Пробки в Москве...].

четко видны часы пик утром на въезд в Москву и вечером — на выезд из Москвы. Полученные результаты полностью совпадают с данными собственных исследований компании «Яндекс» [Пробки в Москве...]. Отметим также, что критерии выбора часов пик были определены именно по результатам оценки внутрисдневного цикла.

**Внутринедельный цикл.** По аналогии с внутрисдневным циклом можно рассчитывать внутриснедельные циклы, проводя усреднения по любому интересующему диапазону, например по неделям, месяцам, годам. На рис. 7 показано внутриснедельное распределение потерь (данные за июнь 2020 г.). На графике четко виден спад активности в выходные дни.



**Рис. 7.** Распределение потерь на поездки внутри недели (усредненные данные за июнь 2020 г.).  
Источник: построено автором.

Отметим, что и внутрисдневной, и внутриснедельный циклы имеют очень устойчивую динамику и повторяемость на длительном горизонте (несколько лет наблюдений). В связи с этим можно предположить, что при построении прогнозных моделей параметры часа и дня недели будут являться значимыми факторами.

## 4. Визуализация онлайн

Для представления результатов проекта запущен специальный сайт [Анализ мобильности...], где пользователь имеет возможность самостоятельно изучить результаты проекта в интерактивном режиме.

## 5. Заключение

В настоящей работе представлены результаты анализа поездок маятниковых трудовых мигрантов в терминах потерь времени на дорогу с учетом удаленности места проживания от центра города. Автор предлагает собственную методику оценки временных потерь и демонстрирует динамику полученных показателей за год, а также цикличность потерь в течение дня

и недели. Полученные результаты подтверждают гипотезу о чувствительности предложенных индикаторов к региональным событиям.

Описанная методика имеет большие перспективы дальнейшего применения и масштабирования. Ценность накопленных данных растет, в дальнейшем планируется делать прогнозные модели на основе полученных данных методами машинного обучения. Кроме сбора данных по пробкам, параллельно с 2019 г. автор работает над сбором данных о погодных условиях в Подмоскowie. Совместный анализ данных по погоде и нагрузке на транспортную сеть представляется интересным расширением проекта.

Еще одно возможное направление развития исследования — это конвертация оцененных временных потерь в денежные на основе модели упущенного дохода. Реализация такого подхода позволит создать информативный экономический индикатор, полезный для целей регионального управления.

Наконец, прикладным результатом проведенной работы может стать создание мобильного приложения с функцией предсказания состояния транспортной сети региона в любой момент времени и в любой геолокации.

## Финансовая поддержка

Настоящая работа поддержана грантом РФФИ № 19-010-00794а.

## Список литературы

- Шитова Ю.Ю. (2010) Маятниковая трудовая миграция и социально-экономическая ситуация в регионах: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Институт системного анализа Российской академии наук, Дубна. URL: <https://viewer.rusneb.ru/ru/rsl01004603640?page=1&rotate=0&theme=white>
- Шитова Ю.Ю., Шитов Ю.А. (2016) ГИС-мониторинг маятниковой трудовой миграции как задача регионального управления // *Современные технологии управления*: 2(62): 49-60. URL: <https://sovman.ru/article/6206/>
- Шитова Ю.Ю., Шитов Ю.А., Власов Д.Н., Митрошин А.А., Митрошин П.А. (2020) ГИС-технологии мониторинга транспортной системы региона на примере Подмоскowie // *Анализ и моделирование экономических и социальных процессов. XXVII конференция «Математика. Компьютер. Образование»*, Ижевск. С. 130-8. <https://doi.org/10.20537/mce2020econ13>
- Ali A., Malik S.M., Jan M.A. (2018) Delimitation of the Central Business District Peshawar (Pakistan) // *Global Social Sciences Review III (I)*: 194-214. [http://dx.doi.org/10.31703/gssr.2018\(III-I\).13](http://dx.doi.org/10.31703/gssr.2018(III-I).13)
- Arribas-Bel D., Gerritse M. (2012) Featured graphic. Monocentricity? Commuting flows visually // *Environment and Planning A: Economy and Space* 44(9): 2041-2042. <https://doi.org/10.1068/a44561>
- Dewulf B., Neutens T., Vanlommel M., Logghe S., De Maeyer P., Witlox F., De Weerdт Y., Van de Weghe N. (2015) Examining commuting patterns using Floating Car Data and circular statistics: Exploring the use of new methods and visualizations to study travel times // *Journal of Transport Geography* 48: 41-51. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.08.006>
- Hincks S., Wong C. (2010) The Spatial Interaction of Housing and Labour Markets: Commuting Flow Analysis of North West England // *Urban Studies* 47(3): 620-49. <https://doi.org/10.1177/0042098009349777>

- Horner M.W. (2008) "Optimal" Accessibility Landscapes? Development of a New Methodology for Simulating and Assessing Jobs-Housing Relationships in Urban Regions // *Urban Studies* 45 (8): 1583–1602. <https://doi.org/10.1177/0042098008091492>
- Larsen M.M., Madsen B., Jensen-Butler C. (2007) Modelling Transport in an Interregional General Equilibrium Model with Externalities. In: Heijman W. (Ed.) *Regional Externalities*. Springer, Berlin, Heidelberg. P. 11-45.
- Li T., Corcoran J., Burke M. (2016) Disaggregate GIS modelling to track spatial change: exploring a decade of commuting in South East Queensland, Australia // *Journal of Transport Geography* 24: 306-14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.03.008>
- Mackenbach J.D., Randal E., Zhao P., Howden-Chapman P. (2016) The Influence of Urban Land-Use and Public Transport Facilities on Active Commuting in Wellington, New Zealand: Active Transport Forecasting Using the WILUTE Model // *Sustainability* 8(3): 242. <https://doi.org/10.3390/su8030242>
- Meredith D., Charlton M., Foley R., Walsh. J. (2007) Modelling Commuting Catchments in Ireland: A Hierarchical Approach using GIS // *The Rural Economy Research Centre Working Paper Series: 07-WP-RE-12*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/237552176\\_Modelling\\_Commuting\\_Catchments\\_in\\_Ireland\\_A\\_Hierarchical\\_Approach\\_using\\_GIS](https://www.researchgate.net/publication/237552176_Modelling_Commuting_Catchments_in_Ireland_A_Hierarchical_Approach_using_GIS)
- Niedzielski M.A., Horner M.W., Xiao N. (2013) Analyzing scale independence in jobs-housing and commute efficiency metrics // *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 58: 129–43. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.10.018>
- Nielsen T.A.S., Hovgesen, H.H. (2005) Urban Fields in the Making: New Evidence from a Danish Context // *Journal of Economic and Human Geography* 96(5): 515–28. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2005.00483.x>
- Obaco M., Royuela V., Vătores X. (2016) Computing functional urban areas using a hierarchical travel time approach // *European Regional Science Association conference papers: ersa16p238*. URL: <https://ideas.repec.org/p/wiw/wiwr/ersa16p238.html>
- Partridge M., Bollman R.D., Olfert M.R., Alasia A. (2007) Riding the Wave of Urban Growth in the Countryside: Spread, Backwash, or Stagnation? // *Land Economics* 83(2) 128–52. <https://doi.org/10.3368/le.83.2.128>
- Peng Z-R. (1997) The Jobs-Housing Balance and Urban Commuting // *Urban Studies* 34(8): 1215-35. <https://doi.org/10.1080/0042098975600>
- Saghapour T., Moridpour S., Thompson R.G. (2016) Public transport accessibility in metropolitan areas: A new approach incorporating population density // *Journal of Transport Geography* 54: 273–85. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.06.019>
- Sakanishi A. (2006) Commuting Patterns in the Osaka Metropolitan Area: A GIS Based Analysis of Commuter Rail Passengers // *Review of Urban & Regional Development Studies* 18(1): 41-59. <https://doi.org/10.1111/j.1467-940X.2006.00106.x>
- Wood G. (2003) Modelling the ecological footprint of green travel plans using GIS and network analysis: from metaphor to management tool? // *Environment and Planning B: Planning and Design* 30(4), 523-40. <https://doi.org/10.1068/b12995>

## Другие источники данных

Анализ мобильности трудовых ресурсов региона, <http://mtmstudio.ru> (дата обращения: 13.09.2021).

Как мы оцениваем загруженность улиц. Яндекс (2017) [https://yandex.ru/company/researches/2017/jams\\_count](https://yandex.ru/company/researches/2017/jams_count) (дата обращения: 28.10.2021).

Как работают Яндекс.Пробки, Яндекс, <https://yandex.ru/company/technologies/yaprobki> (дата обращения: 28.10.2021).

Пробки в Москве: 2013–2017. Исследование по материалам Яндекс.Пробки, 27 ноября 2017, [https://yandex.ru/company/researches/2017/moscow\\_traffic\\_2017](https://yandex.ru/company/researches/2017/moscow_traffic_2017) (дата обращения: 13.09.2021).

Яндекс-Карты, <https://yandex.ru/maps>, Яндекс-Пробки, <http://maps.yandex.ru/traffic> (дата обращения: 28.10.2021).

Citymapper Mobility Index comes to an end (2021) <https://citymapper.com/news/2393/citymapper-mobility-index-comes-to-an-end> (дата обращения: 28.10.2021).

## **Информация об авторе**

- Юлия Юрьевна Шитова — доктор экономических наук, кандидат социологических наук, профессор кафедры интегрированных коммуникаций и рекламы, Российский государственный гуманитарный университет, Москва, 125047, Россия. E-mail: [yu\\_shitova@mail.ru](mailto:yu_shitova@mail.ru)