

Научная статья

УДК 338.28

JEL: D04; R41

<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2021.12.4.400-415>

## Методика оценки транспортной доступности капитальных объектов мегаполиса на основе геоинформационных данных

Сергей Владимирович Мхитарян<sup>1</sup>, Жанна Борисовна Мусатова<sup>2</sup>,  
Таира Велимагомедовна Муртузалиева<sup>3</sup>, Галина Сергеевна Тимохина<sup>4</sup>,  
Ирина Петровна Широценская<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Российский Экономический Университет им. Г. В. Плеханова, Москва, Россия

<sup>1</sup> Mkhitaryan.SV@rea.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8471-2395>

<sup>2</sup> Musatova.ZHB@rea.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9617-5838>

<sup>3</sup> Murtuzaliev.TV@rea.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7762-010X>

<sup>4</sup> Timohina.GS@rea.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7322-8063>

<sup>5</sup> Shirotsenskaya.IP@rea.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5919-2313>

### Аннотация

**Цель:** представить авторскую методику по расчету интегральных показателей транспортной доступности на основе взвешенных нормированных частных показателей и результаты ее апробации для трех жилых комплексов г. Москвы.

**Метод или методология проведения работы.** Исследование основано на применении методов сбора фактического материала, его обработки, системного, сравнительно-исторического и структурно-функционального анализа, которые были дополнены многомерным анализом вторичной информации с использованием контент-анализа существующих методик расчета показателей транспортной доступности капитальных объектов. Результаты и выводы работы базируются на использовании авторской методики расчета интегральных показателей транспортной доступности на основе взвешенных нормированных частных показателей для трех жилых комплексов г. Москвы. Анализ возможной совокупности критериев/показателей оценки транспортной доступности жилищных комплексов мегаполиса г. Москва был проведен на основе использования геоинформационной базы данных ГИС NextGIS QGIS.

**Результаты работы.** Проведен обзор методических подходов к расчету объективных количественных показателей, характеризующих транспортную доступность капитальных объектов, представлена и апробирована авторская методика расчета интегральных показателей транспортной доступности жилых комплексов г. Москвы на основе взвешенных нормированных частных критериев/показателей. Применение авторской методики расчета интегральных показателей транспортной доступности на основе взвешенных нормированных частных критериев/показателей позволило рассчитать значения показателей транспортной доступности для трех жилых комплексов г. Москвы, рассчитать интегрированную балльную оценку совокупности критериев транспортной доступности для каждого ЖК, дать сравнительную количественную оценку их транспортной доступности, провести рейтингование ЖК по показателям транспортной доступности.

**Выводы.** Представленные результаты апробации авторской методики расчета интегральных показателей транспортной доступности для жилых комплексов г. Москвы позволяют проводить сравнительный и динамический анализ транспортной доступности ЖК (или более крупных агрегатов). Результаты такого анализа могут быть применены в целях разработки программ развития транспортной инфраструктуры мегаполиса в целом, отдельных округов и районов, а также для оценки эффективности таких программ. В целях дальнейшего развития системы оценки транспортной доступности авторы видят направления будущих исследований в определении и расчете показателей, основанных на восприятии жителями города транспортной доступности объектов.

**Ключевые слова:** методика, объективная оценка, транспортная доступность, интегральный показатель, взвешенные нормированные частные показатели

**Благодарность.** Статья выполнена в рамках Государственного задания на тему «Разработка методологии управления конкурентоспособностью в сфере товарооборота в цифровой экономике», Проект № FSSW-2020-0009.



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Мхитарян С. В., Мусатова Ж. Б., Муртузалиева Т. В., Тимохина Г. С., Широченская И. П. Методика оценки транспортной доступности капитальных объектов мегаполиса на основе геоинформационных данных // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2021. Т. 12. № 4. С. 400–415

<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2021.12.4.400-415>

© Мхитарян С. В., Мусатова Ж. Б., Муртузалиева Т. В., Тимохина Г. С., Широченская И. П., 2021

Original article

## Methodology for Assessing the Transport Accessibility of Capital Objects in a Megacity Based on Geoinformation Data

Sergey V. Mkhitarian<sup>1</sup>, Zhanna B. Musatova<sup>2</sup>, Taira V. Murtuzaliev<sup>3</sup>,  
Galina S. Timokhina<sup>4</sup>, Irina P. Shirochenskaya<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

<sup>1</sup> Mkhitarian.SV@rea.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8471-2395>

<sup>2</sup> Musatova.ZHB@rea.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9617-5838>

<sup>3</sup> Murtuzaliev.TV@rea.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7762-010X>

<sup>4</sup> Timokhina.GS@rea.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7322-8063>

<sup>5</sup> Shirochenskaya.IP@rea.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5919-2313>

### Abstract

**Purpose:** to present the author's methodology and the test results for calculating integral indicators of transport accessibility on the basis of weighted normalized private indicators for three housing estates in Moscow.

**Methods:** the study is based on the application of methods for collecting factual material, its processing, systematic, comparative historical and structural-functional analysis, which were supplemented by multivariate analysis of secondary information using content analysis of existing methods for calculating indicators of transport accessibility of capital objects. The results and conclusions of the research are based on the use of the author's methodology for calculating integral indicators of transport accessibility based on weighted normalized private indicators for three housing estates in Moscow. The analysis of a possible set of criteria for assessing transport accessibility of housing estates in Moscow metropolis was carried out on the basis of the use of a geographic information system database GIS NextGIS QGIS.

**Results:** a review of methodological approaches to the calculation of objective quantitative indicators characterizing the transport accessibility of capital objects is carried out; the author's methodology for calculating the integral indicators of the transport accessibility of residential complexes in Moscow is presented and tested on the basis of weighted normalized private criteria / indicators. The use of the authors' methodology for calculating integral indicators of transport accessibility based on weighted normalized private criteria / indicators made it possible to calculate the values of indicators of transport accessibility for three housing estates in Moscow, calculate an integrated score for a set of transport accessibility criteria for each housing estate, to give a comparative quantitative assessment of their transport accessibility, to conduct a rating of housing estates in terms of their transport accessibility.

**Conclusions and Relevance:** the presented results of approbation of the author's methodology for calculating the integral indicators of transport accessibility for housing estates in Moscow allow to conduct a comparative and dynamic analysis of housing estates (or larger units) transport accessibility. The results of such an analysis can be applied in order to develop programs for transport infrastructure development of the megacity as a whole, its certain districts and city parts, as well as to assess such programs efficiency. The authors see the directions for future research in the definition and calculation of indicators based on the city dwellers perception of the transport accessibility.

**Keywords:** methodology, objective assessment, transport accessibility, integral indicator, weighted normalized private indicators

**Acknowledgments.** This article was prepared as part of a scientific research on the state task on "Development of methodology for managing competitiveness in the field of commodity circulation in the digital economy. Project no. FSSW-2020-0009".

**Conflict of Interest.** The Authors declares no Conflict of Interest.

**For citation:** Mkhitarian S. V., Musatova Zh. B., Murtuzaliev T. V., Timokhina G. S., Shirochenskaya I. P. Methodology for Assessing the Transport Accessibility of Capital Objects in a Megacity Based on Geoinformation Data. *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2021; 12(4):400–415. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2021.12.4.400-415>

© Mkhitarian S. V., Musatova Zh. B., Murtuzaliev T. V., Timokhina G. S., Shirochenskaya I. P., 2021

### Введение

Понятие «транспортная доступность» рассматривается в теории и практике смежных наук как ключевой индикатор пространственных возможностей развития, который реализуется в рамках транспортной инфраструктуры. В то же время, как показывает мировой опыт, происходит смена парадигм в транспортном планировании: переход от сугубо технико- и экономико-географических («жестких» стандартов) показателей планирования транспортной доступности к использованию потребительских, часто отражающих субъективный (воспринимаемый) характер, социально-ориентированных индикаторов («мягких» стандартов).

Указанные обстоятельства являются крайне важными для крупных городских агломераций, таких как мегаполис Москва. После расширения городской площади за счет территорий «Новой Москвы» проблема транспортной доступности только усложнилась. К существующим жилищным комплексам добавились новостройки в новых районах Москвы, имеющие слабую интеграцию с остальной городской территорией.

Строительство новых жилых комплексов и необходимость улучшения транспортной доступности уже существующих, в условиях сложной городской среды мегаполиса, требует проведения исследований и создания новой методической базы для анализа транспортной доступности, а также ее обязательную апробацию с использованием геоинформационной базы данных.

Объектом исследования является транспортная доступность как характеристика определенного жилищного комплекса, показывающая степень возможности преодоления посредством транспорта пространства, отделяющего его от других объектов в г. Москве.

Предмет исследования – методики расчета показателей транспортной доступности жилищных комплексов г. Москвы.

Цель исследования: представить авторскую методику и результаты ее апробации по расчету интегральных показателей транспортной доступности на основе взвешенных нормированных частных показателей для трех жилых комплексов г. Москвы.

Для достижения поставленной цели в рамках данного научного исследования были выполнены следующие задачи:

- проведен обзор международных и отечественной практик применения методических подходов к расчету объективных количественных показателей, характеризующих транспортную доступность капитальных объектов;

- представлена авторская методика анализа транспортной доступности трех жилищных комплексов г. Москвы на основе интегрированной балльной оценки совокупности определенных в исследовании критериев;
- представлены результаты апробации авторской методики расчета интегральных показателей транспортной доступности для трех жилых комплексов г. Москвы.

**Обзор литературы и исследований.** Обзор зарубежной и отечественной научной литературы по исследованию транспортной доступности объектов в крупных городах показывает разброс точек зрения ученых относительно применения методов измерения и оценки транспортной доступности объектов [1–8].

Анализ исследований по данной тематике показывает, что существующие и применяемые на практике методики измерения доступности общественного транспорта существенно отличаются друг от друга; универсального способа решения этой задачи не существует [9; 10]. Применяемая модель оценки может зависеть от многих факторов, таких как размер исследуемой территории, доступность данных, необходимая точность моделирования, цели исследования, особенности территории и т.д. [4]. Методики оценки транспортной доступности объектов отличаются и по степени проработанности [4; 9]. Ни одну из них нельзя считать эталонной, так как, в конечном счете, все они строятся на ряде допущений [4]. В действительности, выбор пассажиром того или иного маршрута и способа передвижения далеко не всегда оптимален с точки зрения математической модели; он часто включает в себя личные особенности и предпочтения человека [4; 9; 11].

Исследователи отмечают, что востребованными, но пока недостаточно изученными подходами к оценке транспортной доступности являются методы, основанные на объективных показателях оценки, в частности, с использованием геоинформационных систем [5; 10; 12]. Геоинформационные системы открывают возможности по разработке методик оценки, прогноза и оперативного принятия управленческих решений с учетом климатических изменений, происходящих на территории [12], позволяют оперативно оценивать и управлять доступностью объектов с учетом деятельности людей на данной территории [10].

В исследованиях зарубежных ученых подчеркивается, что использование геоинформационных систем может стать одним из направлений совершенствования моделей, позволяющих представлять результаты анализа уровней транспортной доступности отдельных капитальных объектов с

использованием данных, основанных на времени, месте, расстоянии и режиме перемещения [1; 10; 13; 14].

В настоящее время на основе данных геоинформационных систем разработано значительное количество показателей, позволяющих оценивать транспортную доступность, в том числе для разных групп населения [11; 15; 16]. Наиболее хорошо апробированы отдельные и групповые показатели для оценки объективной транспортной доступности городских территорий [16]. Выделяют следующие ключевые группы показателей, отражающие результаты использования индивидуумами транспортной системы и позволяющие оценивать транспортную доступность: показатели, отражающие пространство деятельности индивидов, показатели границ пространств деятельности индивидов, параметры оценки фактической мобильности индивидов и др. [6; 16].

В исследованиях отмечается, что для объективной оценки транспортной доступности в крупном городе недостаточно иметь общую оценку доступности по мегаполису, в оценке нуждаются и отдельные территории, например, мелкие капитальные объекты – жилищные комплексы [5]. Такие территории существенно различаются по развитию транспортной инфраструктуры, удаленности от центра города, времени, требующемуся для достижения важных социальных объектов, и другим параметрам [14].

Краткий обзор исследований по рассматриваемой тематике показывает недостаточность исследований по объективным показателям оценки с использованием геоинформационных систем (ГИС), по интегрированному подходу к расчету объективных показателей транспортной доступности по отдельным территориям (жилым комплексам), что актуализирует проведение настоящего исследования.

**Материалы и методы.** Для целей настоящего исследования был проведен анализ зарубежных и отечественных источников по методическим подходам к оценке транспортной доступности капитальных объектов. Предварительный поиск вторичных данных в информационных поисковых базах и системах Emerald, SpringerLink, ScienceDirect, Wiley, Taylor & Francis, De Gruyter, Google Scholar и Яндекс показал широкий спектр исследований по объективным и субъективным оценкам транспортной доступности объектов в мегаполисах. В связи с этим были применены следующие ограничения поиска, чтобы определить начальный комплекс научных исследований для дальнейшего анализа:

- рассматриваются публикации в научных журналах и книгах, посвященных обозначенной тематике;
- изучаются исследования, которые носят методологический и/или эмпирический характер;

- анализируемые исследования сфокусированы на методах объективной оценки транспортной доступности объектов.

В процессе разработки критериев поиска был получен набор ключевых словосочетаний: «оценка транспортной доступности», «объективная оценка», «транспортная доступность», «интегральный показатель», по которым были определены актуальные источники для последующего анализа. Сбор вторичных данных проводился в период с июня по октябрь 2021 г.

Для решения исследовательских задач были применены методы сбора фактического материала, его обработки, системного, сравнительно-исторического и структурно-функционального анализа, дополненные многомерным анализом вторичной информации с использованием контент-анализа.

Анализ возможной совокупности критериев оценки транспортной доступности жилищных комплексов мегаполиса г. Москвы был проведен на основе использования геоинформационной базы данных (ГИС). Выбор ГИС осуществлялся на основании оптимального соотношения стоимости и технических характеристик ГИС, включающих, в том числе, скорость обработки данных, стабильность работы, удобство интерфейса. По данным критериям была выбрана ГИС NextGIS QGIS, которая имеет необходимую функциональность при самой низкой среди конкурирующих систем стоимости, и при этом полностью соответствует техническим критериям, указанным выше. Причем для целей настоящего исследования оказалось достаточным использование бесплатной версии NextGIS QGIS.

### Результаты исследования

#### *Обзор методик оценки транспортной доступности объектов*

Как показал проведенный нами обзор методик, основанных на объективных показателях оценки транспортной доступности отдельных территорий (например, жилых комплексов – ЖК), исследователи разрабатывают методики расчета показателя, который позволил бы проводить сравнение объектов по уровню транспортной доступности [4; 17; 18]. Для сравнительного анализа объектов по уровню транспортной доступности в научной литературе выделяется два методических подхода:

- 1) ранжирование объектов на основе векторных оценок, без их свертывания в интегральную оценку [19];
- 2) расчет сводной интегральной оценки транспортной доступности каждого объекта на основе перехода от векторной оценки к скалярной, для чего следует разработать алгоритм

свертывания частных критериев в обобщающий показатель [19; 20].

Первый методический подход позволяет определить ранг объекта без расчета интегральной оценки транспортной доступности. В научной литературе, в рамках методики ранжирования объектов на основе векторных оценок, без их свертывания в интегральную оценку, выделяют следующие методы:

1. Метод главного критерия (метод отсечки) [21]. Данный метод применяется исследователями при необходимости ранжирования объектов, обладающих несколькими характеристиками. Таким образом, многокритериальная задача сводится к однокритериальной [18; 22].

В качестве частных критериев и соответствующих им показателей транспортной доступности жилищных комплексов могут быть выделены, например, такие критерии как доступность объекта в утренние и вечерние часы пик на личном транспорте; доступность объекта в утренние и вечерние часы пик на общественном транспорте и т.д.

При применении метода отсечки выделяется один (главный, основной) критерий, например, доступность объекта в утренние и вечерние часы пик на личном транспорте. Все исследуемые объекты располагаются в порядке возрастания или убывания, в зависимости от содержания решаемой задачи. В частности, они могут быть расположены в порядке возрастания времени [6]. Остальные критерии (и соответствующие им показатели) не используются при ранжировании. На них могут накладываться некоторые ограничения для того, чтобы они были не меньше (больше) каких-то заданных величин.

Таким образом, идея метода главного критерия заключается в том, что частные критерии обычно неравнозначны между собой (одни из них более важны, чем другие), и это позволяет выделить главный критерий, а остальные критерии рассматривать как дополнительные, сопутствующие. При таком подходе все показатели, кроме одного – главного, переводятся в разряд ограничений [9]. С точки зрения авторов, такой подход противоречит самой сути комплексной оценки транспортной доступности объектов.

2. Лексикографический метод для ранжирования объектов (ЖК) [9; 19].

Данный метод позволяет понимать поведение потребителей при принятии решения о покупке или аренде жилья. В этом случае показатели транспортной доступности ЖК, с одной стороны, являются важными факторами потребительского выбора, а с другой стороны, эти показатели являются факторами ценообразования на рынке недвижимости [15].

При использовании этого метода сначала производят ранжирование критериев оценки по их важности. Затем все объекты – в данном случае, ЖК – сравнивают сначала по наиболее важному критерию и ранжируют их в порядке возрастания. Если два объекта имеют одинаковые показатели по наиболее важному критерию, то рассматривают следующий по важности критерий – более высокий ранг получает объект с лучшим значением второго критерия. Если и здесь показатели одинаковы, то переходят к третьему критерию, и т.д. [19; 22].

С точки зрения авторов, этот метод позволяет проводить сравнение показателей транспортной доступности ЖК на основе учета нескольких критериев. Однако, как и в предыдущем случае, невозможно дать комплексную оценку транспортной доступности ЖК.

3. Методика определения интегральной оценки транспортной доступности объектов [9; 18; 19].

Данная методика сводится к разработке алгоритма свертывания частных критериев в один обобщающий показатель, то есть к переходу от векторной оценки к скалярной [18; 19].

При разработке такого алгоритма необходимо учитывать несколько обстоятельств. При свертывании частных показателей в интегральную оценку неизбежно происходит определенная потеря информации [10]. Интегральный показатель должен давать действительно объективную оценку транспортной доступности объекта, а не быть просто удобным и простым [11]. Полученные интегральные оценки должны позволять проводить объективное сравнение объектов с точки зрения транспортной доступности и давать возможность ранжировать ЖК по данному показателю [12; 16].

С точки зрения авторов, определенные особенности частных показателей должны быть учтены при выборе алгоритма построения интегральной оценки транспортной доступности объектов.

Второй методический подход предполагает расчет сводной интегральной оценки транспортной доступности каждого объекта на основе алгоритма свертывания частных критериев в обобщающий показатель [5; 15]. В научной литературе в рамках данного подхода выделяют следующие методы:

1. Расчет невзвешенной интегральной оценки [6; 11].

Невзвешенная оценка может быть получена путем суммирования частных оценок, подсчитанных в одинаковых единицах измерения (минутах).

Полученные оценки легко сравнивать и ранжировать. Можно использовать в качестве такой оценки среднее значение для частных показателей.

С точки зрения авторов, аддитивные невзвешенные оценки могут быть не адекватны задачам управления транспортным развитием города. Каждый показатель должен иметь понятное и ясное социальное и экономическое смысловое значение.

Другим недостатком рассматриваемого подхода является то обстоятельство, что частные показатели реально имеют разную значимость для населения ЖК, но при таком способе оценки априори принимается предположение о равнозначности всех частных показателей [19]. Для учета этих различий более целесообразным представляется методика расчета взвешенной интегральной оценки.

## 2. Расчет интегральной оценки методом взвешенных сумм [23].

Интегральная оценка может быть рассчитана с учетом важности каждого из частных критериев транспортной доступности. Для этого определяют показатели важности частных критериев, которые используются в качестве весов при расчете интегрального показателя. Весовые коэффициенты могут быть установлены с помощью опросов населения или экспертов [7].

Взвешенная оценка несколько «лучше», чем невзвешенная, так как она получена с учетом разной важности частных критериев. В то же время, эта оценка, как и предыдущая, имеет весьма неясный социально-экономический смысл, поскольку трудно дать четкую трактовку сумме (пусть и взвешенной) разнородных показателей [8; 11].

## 3. Методика интегрированной оценки транспортной доступности объектов на основе нормированных показателей [20; 22].

Существуют возможности расчета интегральной оценки транспортной доступности объектов на основе использования нормированных частных показателей [24]. Операцию нормирования при интеграции частных показателей обычно проводят в том случае, если последние определены в разных единицах измерения. Однако это не исключает нормирование и для показателей в одинаковых единицах. Целесообразность использования такого приема в данном случае объясняется тем, что частные показатели доступности, как было сказано выше, имеют существенные смысловые и количественные различия, и могут быть разделены на две группы [25; 26].

Использование невзвешенной нормированной интегральной оценки имеет ощутимый недостаток – она не позволяет «увидеть» проблемы в транспортной ситуации, конкретные направления, которые требуют первоочередного решения [24; 27].

## 4. Методика расчета интегрального показателя транспортной доступности на основе взве-

шенных нормированных оценок частных критериев [24].

Для ее использования предварительно определяют веса частных критериев, отражающих их значимость для жителей города.

Исследованные методики значительно отличаются друг от друга, поскольку при оценке транспортной доступности объектов учитывается множество разноплановых факторов.

### *Авторская методика анализа и оценки транспортной доступности объектов*

Авторами создана методика расчета интегральных показателей транспортной доступности жилых комплексов г. Москвы на основе взвешенных нормированных частных критериев/показателей.

Анализ совокупности критериев оценки транспортной доступности жилищных комплексов крупного города был проведен на основе использования геоинформационной базы данных ГИС NextGIS QGIS.

Предполагалось, что при расчете интегрированной балльной оценки совокупности критериев транспортной доступности будут учитываться следующие критерии/показатели:

- 1) доступность объекта в утренний и вечерний час пик на личном транспорте;
- 2) доступность объекта в утренний и вечерний час пик на общественном транспорте;
- 3) доступность парковочной инфраструктуры;
- 4) беспересадочная доступность точек притяжения (объектов социальной инфраструктуры и станций скоростного внеуличного транспорта) наземным транспортом;
- 5) шаговая доступность точек притяжения.

В свою очередь, перечисленные критерии/показатели характеризуются следующими параметрами:

- 1) Доступность объекта в утренний и вечерний час пик на личном транспорте:

$t_{л.у.}$  – время кратчайшего маршрута от объекта в центр города на личном транспорте в утренний час пик, мин.;

$t_{л.в.}$  – время кратчайшего маршрута к объекту из центра города на личном транспорте в вечерний час пик, мин.;

- 2) Доступность объекта в утренний и вечерний час пик на общественном транспорте:

$t_{о.у.}$  – время кратчайшего маршрута от объекта в центр города на общественном транспорте в утренний час пик, мин.;

$t_{o.a.}$  – время кратчайшего маршрута к объекту из центра города на общественном транспорте в вечерний час пик, мин.;

$t_{o/n.y.}$  – время кратчайшего маршрута от объекта в центр города на общественном наземном транспорте в утренний час пик, мин.;

$t_{o/n.v.}$  – время кратчайшего маршрута к объекту из центра города на общественном наземном транспорте в вечерний час пик, мин.;

$n_{п/в.}$  – число посадок-высадок на маршруте между объектом и центром города на общественном транспорте с минимальным числом пересадок;

### 3) Доступность парковочной инфраструктуры:

$t_{п.}$  – время на поиск свободного парковочного места, мин.;

### 4) Беспересадочная доступность точек притяжения (объектов социальной инфраструктуры и станций скоростного внеуличного транспорта) наземным транспортом:

$m_{т/п.б.}$  – взвешенное число точек притяжения беспересадочной доступности наземным транспортом;

### 5) Шаговая доступность точек притяжения:

$m_{т/п.ш.}$  – взвешенное число точек притяжения шаговой доступности.

Интегрированная балльная оценка совокупности критериев транспортной доступности (ИОТД) будет рассчитываться как средневзвешенная, по шкале от 0 до 100, где 100 – наилучший показатель транспортной доступности.

Веса для расчета средневзвешенной оценки будут определяться на основе значимости критериев для транспортной доступности. Для того, чтобы перейти от абсолютных показателей к балльным оценкам, необходимо при расчете ИОТД использовать отношение фактических и эталонных значений показателей.

Перед тем, как определять веса параметров, следует классифицировать факторы транспортной доступности для жителей мегаполиса. Можно выделить 3 группы факторов транспортной доступности:

- 1) А – доступность центра города;
- 2) Б – доступность точек притяжения;
- 3) В – доступность парковочной инфраструктуры.

Для москвичей очень важна доступность как центра города (доступность объекта на личном и общественном транспорте), так и ближайших точек притяжения. Доступность парковочной инфраструктуры одинаково важна для доступности центра и точек интереса для людей, передвигающихся преимущественно на личном транспорте. Следовательно, совокупный вес факторов, определяющих доступность центра города, должен быть равен совокупному весу факторов доступности точек интереса.

Далее необходимо определиться с важностью различных способов перемещения по Москве между жилищным комплексом и центром города.

Доступность объекта в утренний и вечерний час пик на личном транспорте (фактор № 1) равнозначна, таким образом, веса для показателей будут одинаковыми и составят 0,5.

На основании наших прошлых исследований<sup>1</sup> (где были опрошены 5044 респондента; для обеспечения репрезентативности половозрастной состав выборки соответствует пропорциям московского социума), доля москвичей, передвигающихся преимущественно на общественном транспорте, составляет 70%, на личном – 30%.

С учетом полученных пропорций, веса для 3-х групп факторов транспортной доступности следует распределить следующим образом:

- 1) А – доступность центра города – 0,35;
- 2) Б – доступность точек притяжения – 0,35;
- 3) В – доступность парковочной инфраструктуры – 0,3.

Кроме того, в вышеприведенном исследовании был выявлен кластер респондентов, которые отдают предпочтение наземному транспорту – их доля составляет 30% от передвигающихся в основном на общественном транспорте.

Также следует выделить группу людей, для которых крайне важна беспересадочная доступность – это люди с ограниченными возможностями, прежде всего, инвалиды 1-й и 2-й групп.

На основании данных Федерального реестра инвалидов на 01.01.2021 г. в Москве число инвалидов 1-й группы составило 106 тыс. чел., 2-й группы – 480 тыс. человек<sup>2</sup>. Взрослое население Москвы (18 лет и старше) на 01.01.2021 г., составило

<sup>1</sup> Отчет по НИР «Разработка единой концепции, правил и методологии работы по комплексному пересмотру маршрутной сети наземного городского пассажирского транспорта Москвы» по заказу АНО «Московская дирекция транспортного обслуживания», кафедра маркетинга, РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2020–2021 гг.

<sup>2</sup> Федеральная государственная информационная система. Федеральный реестр инвалидов. Численность инвалидов [Электронный ресурс]. URL: <https://sfri.ru/analitika/chislennost/chislennost?territory=undefined> (дата обращения: 02.09.2021).

10467 тыс. человек<sup>3</sup>. Таким образом, доля инвалидов 1-й и 2-й групп среди совершеннолетнего населения Москвы составляет:

$$(106 + 480) / 10467 * 100\% = 5,6\%.$$

На основании представленных выше данных, веса по вариантам передвижения на общественном транспорте распределяются следующим образом:

- предпочитают беспересадочную доступность – 0,056;
- предпочитают наземный транспорт –  $(1 - 0,056) * 0,3 = 0,283$ ;
- предпочитают скоростной транспорт –  $(1 - 0,056) * 0,7 = 0,661$ .

Распределение весов по соответствующим показателям в рамках фактора № 2, то есть доступности объекта в утренний и вечерний час пик на общественном транспорте (с учетом равной значимости передвижения в центр города утром и обратно вечером), представлено в табл. 1.

Вес единственного показателя фактора № 3, доступности парковочной инфраструктуры, определяется в соответствии с весом соответствующей группы фактора: время на поиск свободного парковочного места ( $t_n$ ) – 0,3.

Шаговая доступность точек притяжения, безусловно, более привлекательна, чем беспересадочная доступность, поскольку беспересадочная доступность по сравнению с шаговой доступностью предполагает три действия вместо одного: переход к остановке НГПТ, проезд на НГПТ, переход от остановки НГПТ к точке интереса. Следовательно, шаговая доступность привлекательнее в три раза, чем беспересадочная доступность. Поэтому для показателей факторов № 3 (беспересадочная доступность точек притяжения наземным транспортом) и № 4 (шаговая доступность точек притяжения), представляющих группу Б (доступность точек притяжения), в рамках группы выбраны следующие веса:

- взвешенное число точек притяжения (объектов социальной инфраструктуры и станций скоростного внеуличного транспорта) ( $m_{т/н.}$ ) – 0,25;
- взвешенное число точек притяжения (объектов социальной инфраструктуры и станций скоростного внеуличного транспорта) шаговой доступности ( $m_{т/н.ш.}$ ) – 0,75.

Эталонные значения показателей используются для соотношения с фактическими значениями. Причем, если наблюдается прямая зависимость между показателем и транспортной доступностью (например, при увеличении показателя транспортная доступность растет), то берется отношение фактического к эталонному значению, а если зависимость обратная, то берется отношение эталонного значения к фактическому. Чем ближе отношение к единице, тем выше транспортная доступность.

В качестве эталона времени перемещение между объектом и центром города было выбрано время, равное 15-ти минутам, в соответствии с концепцией 15-минутного города. Для комфортного проживания в мегаполисе необходимо учитывать концепцию «15-минутного города»<sup>4</sup>. Логично предположить, что и оптимальное время перемещения между центром города и жилым комплексом не должно превышать 15 минут, как на личном, так и на общественном транспорте.

Для фактора беспересадочной доступности точек притяжения наземным транспортом идеальным вариантом является отсутствие пересадок (одна посадка-высадка), с каждой пересадкой ситуация ухудшается: 1 пересадка (две посадки-высадки), 2 пересадки (три посадки-высадки), 3 пересадки (четыре посадки-высадки). Поэтому эталонным значением числа посадок-высадок на маршруте между объектом и центром города для данного фактора будет 1 (отсутствие пересадок).

Для определения эталона фактора доступности парковочной инфраструктуры обратимся к нашему прошлому исследованию<sup>5</sup>. В его рамках проводился опрос 1203-х москвичей, управляющих автомобилем и пользующихся парковочным пространством. Репрезентативность выборки обеспечивалась квотами в соответствии с распределением половозрастного состава жителей Москвы. В результате опроса было выявлено, что на удовлетворенность условиями парковки оказывает существенное влияние время поиска парковки. Среди москвичей, тративших на парковку возле дома не более 5-ти мин., доля удовлетворенных условиями парковки составляет 60%; 5–10 мин. – 35%. Следовательно, оптимальным временем поиска парковки является 5 мин., что и будет являться эталонным значением.

<sup>3</sup> Федеральная служба государственной статистики. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13284?print=1> (дата обращения: 02.09.2021).

<sup>4</sup> Московский урбанистический форум. Создание «15-минутного города». URL: <https://stroimsk.ru/news/sozdaniie-15-minutnoghogoroda-obsudili-na-muf?from=cl>, кафедра маркетинга, РЭУ им. Г.В. Плеханова (дата обращения: 02.09.2021).

<sup>5</sup> Отчет НИР «Проведение в 2018 и 2019 годах исследований в области обеспеченности жителей города Москвы парковочными местами и формированию рекомендаций по их эффективному использованию», РЭУ им. Г.В. Плеханова (Соглашение № 190-ДТиРДТИ от 26.12.2018), 2019 г.



Чем больше количество точек притяжения шаговой и беспересадочной доступности, тем лучше для жителя мегаполиса, поэтому достаточно сложно установить эталонное значение. В качестве эталонных значений взвешенного числа точек притяжения предлагается взять значения для точки Москвы, определяемой как центр города (в данном случае – мэрия Москвы: Тверская ул., д. 13) – по данным исследования компании Яндекс<sup>6</sup>. На основании вышеизложенного определены эталонные значения показателей (табл. 1).

$$\begin{aligned} \text{ИОТД} = & \left[ 0,35 \left( 0,3 \left( 0,5 \frac{t_{л.у.Э}}{t_{л.у.}} + 0,5 \frac{t_{л.в.Э}}{t_{л.в.}} \right) + 0,7 \left( 0,3305 \frac{t_{о.у.Э}}{t_{о.у.}} + \right. \right. \\ & + 0,3305 \frac{t_{о.в.Э}}{t_{о.в.}} + 0,1415 \frac{t_{о/н.у.Э}}{t_{о/н.у.}} + 0,1415 \frac{t_{о/н.в.Э}}{t_{о/н.в.}} + 0,056 \frac{n_{п/в.Э}}{n_{п/в.}} \left. \left. \right) \right) + \\ & + 0,35 \left( 0,25 \cdot 1 \cdot \frac{m_{т/п.б.}}{m_{т/п.б.Э}} + 0,75 \cdot 1 \cdot \frac{m_{т/п.ш.}}{m_{т/п.ш.Э}} \right) + 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{t_{п.Э}}{t_{п.}} \left. \right] \cdot 100 \end{aligned} \quad (1)$$

Все условные обозначения формулы (1) представлены в табл. 1.

Следует отметить, что, если фактические значения временных показателей доступности будут меньше эталонных, то значение фактических значений приравнивается к эталонным; если фактические значения числа точек притяжения будут больше эталонных, то значение фактических значений приравнивается к эталонным.

*Результаты апробации авторской методики анализа транспортной доступности трех жилищных комплексов г. Москвы*

Расчет интегрированной балльной оценки совокупности критериев транспортной доступности и рейтингование объектов апробации проводились на основании авторской методики анализа транспортной доступности трех жилищных комплексов г. Москвы.

Все показатели по ЖК – объектам апробации, веса, эталонные значения и интегрированная

В табл. 1 обобщены: группы факторов транспортной доступности и их веса, факторы доступности и их веса, показатели доступности и их веса, а также эталонные значения.

Интегрированная балльная оценка совокупности критериев транспортной доступности (ИОТД) измеряется по 100-балльной шкале и рассчитывается на основании таблицы 1 по формуле (1):

балльная оценка совокупности критериев транспортной доступности, а также рейтинг ЖК представлены в табл. 2.

Расчеты показателей транспортной доступности ЖК осуществлялись на основании алгоритмов определения кратчайшего маршрута от объекта в центр города на личном и общественном транспорте, с учетом данных по характерной загруженности улично-дорожной сети в утренний и вечерний часы пик. В частности, для определения кратчайшего маршрута на транспорте от ЖК до центра (здание Правительства Москвы) и обратно применялся алгоритм Э. Дейкстры с помощью транспортного графа (ТГ) геоинформационной системы (ГИС), с учетом длины каждого отрезка графа и средней скорости движения на этом участке в утренний и вечерний часы пик.

Интегрированная балльная оценка совокупности критериев/показателей транспортной доступности для одного из объектов, ЖК «Счастье на Сходненской», рассчитывалась следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{ИОТД} = & \left[ 0,35 \left( 0,3 \left( 0,5 \frac{15}{101} + 0,5 \frac{15}{77} \right) + 0,7 \left( 0,3305 \frac{15}{31} + 0,3305 \frac{15}{31} + 0,1415 \frac{15}{74} + \right. \right. \\ & + 0,1415 \frac{15}{96} + 0,056 \frac{1}{2} \left. \left. \right) \right) + 0,35 \left( 0,25 \cdot \frac{1047}{4704} + 0,75 \cdot 1 \cdot \frac{28}{40} \right) + 0,3 \cdot \frac{5}{7} \left. \right] \cdot 100 = 54 \end{aligned} \quad (2)$$

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что наилучшей транспортной доступностью обладает ЖК «Вавилова 4», на втором месте – ЖК «Ясный», на третьем – ЖК «Счастье на Сходненской».

С помощью интегрированной балльной оценки совокупности критериев транспортной доступности можно не только рейтинговать жилые комплексы, но и давать сравнительную количественную оценку транспортной доступности. Так, транспортная

<sup>6</sup> Исследования «Яндекс». Москва для жизни и для развлечений, 2017 г. URL: [https://yandex.ru/company/researches/2017/moscow\\_districts](https://yandex.ru/company/researches/2017/moscow_districts) (дата обращения: 02.09.2021).

Таблица 1  
Table 1

Группы факторов транспортной доступности и их веса, факторы доступности и их веса, показатели доступности и их веса, а также эталонные значения  
Groups of transport accessibility factors and their weights, accessibility indicators and their weights and reference values

Группы факторов доступности	Весы групп факторов доступности	Факторы доступности	Весы факторов доступности	Показатели доступности	Весы показателей доступности	Эталонные значения показателей доступности
1	2	3	4	5	6	7
A – доступность центра города	0,35	1. Доступность объекта в утренний и вечерний час пик на личном транспорте 2. Доступность объекта в утренний и вечерний час пик на общественном транспорте	0,3  0,7	$t_{п.в.}$ – время кратчайшего маршрута от объекта в центр города на личном транспорте в утренний час пик, мин. $t_{в.в.}$ – время кратчайшего маршрута к объекту из центра города на личном транспорте в вечерний час пик, мин. $t_{о.в.}$ – время кратчайшего маршрута от объекта в центр города на общественном транспорте в утренний час пик, мин. $t_{о.в.в.}$ – время кратчайшего маршрута к объекту из центра города на общественном транспорте в вечерний час пик, мин. $t_{о.п.в.}$ – время кратчайшего маршрута от объекта в центр города на общественном наземном транспорте в утренний час пик, мин. $t_{о.п.в.в.}$ – время кратчайшего маршрута к объекту из центра города на общественном наземном транспорте в вечерний час пик, мин. $n_{п.в.э}$ – число посадок-высадок на маршруте между объектом и центром города на общественном транспорте с минимальным числом пересадок	0,5  0,5  0,3305  0,3305  0,1415  0,1415  0,056	$t_{п.в.э}$ = 15 мин. $t_{п.в.э}$ = 15 мин. $t_{о.в.э}$ = 15 мин. $t_{о.в.э}$ = 15 мин. $t_{о.п.в.э}$ = 15 мин. $t_{о.п.в.э}$ = 15 мин. $n_{п.в.э}$ = 1
B – доступность точек притяжения	0,35	4. Беспересадочная доступность точек притяжения НППТ 5. Шаговая доступность точек притяжения	0,25  0,75	$m_{т/п.б.}$ – взвешенное число точек притяжения (объектов социальной инфраструктуры и станций скоростного внеуличного транспорта) беспересадочной доступности наземным транспортом $m_{т/п.ш.э}$ – взвешенное число точек притяжения (объектов социальной инфраструктуры и станций скоростного внеуличного транспорта) шаговой доступности	1  1	$m_{т/п.б.э}$ – для центра Москвы $m_{т/п.ш.э}$ – для центра Москвы
B – доступность парковочной инфраструктуры	0,3	3. Доступность парковочной инфраструктуры	1	$t_{п.}$ – время на поиск свободного парковочного места, мин.	1	$t_{п.э}$ = 5 мин.

Разработано авторами.  
Developed by the authors.

Таблица 2

## Интегрированная балльная оценка совокупности критериев транспортной доступности для трех ЖК и их рейтинг

Table 2

## Integrated scoring of the set of criteria for transport accessibility for three housing estates and their rating

Группы факторов транспортной доступности / Факторы доступности / Показатели доступности	Вес групп / Вес факторов	Параметры ЖК			Эталон
		Счастье на Сходненской	Вавилова 4	Ясный	
А. Доступность центра города	0,35				
Доступность объекта в утренний и вечерний час пик на личном транспорте	0,3				
Кратчайший маршрут от объекта в центр города на личном транспорте в утренний час пик, мин.	0,5	101	38	117	15
Кратчайший маршрут к объекту из центра города на личном транспорте в вечерний час пик, мин.	0,5	77	52	107	15
Доступность объекта в утренний и вечерний час пик на общественном транспорте	0,7				
Кратчайший маршрут от объекта в центр города на общественном транспорте в утренний час пик, мин.	0,3305	31	20	41	15
Кратчайший маршрут к объекту из центра города на общественном транспорте в вечерний час пик, мин.	0,3305	31	20	41	15
Кратчайший маршрут от объекта в центр города на общественном наземном транспорте в утренний час пик, мин.	0,1415	74	62	141	15
Кратчайший маршрут к объекту из центра города на общественном наземном транспорте в вечерний час пик, мин.	0,1415	96	27	81	15
Маршрут между объектом и центром города на общественном транспорте с минимальным числом пересадок, кол-во посадок-высадок	0,056	2	1	2	1
Б. Доступность точек притяжения	0,35				
Беспересадочная доступность точек притяжения наземным транспортом, взвешенное число точек притяжения	0,25	1047	2561	1557	4704
Шаговая доступность точек притяжения, взвешенное кол-во точек притяжения	0,75	28	34	18	40
В. Доступность парковочной инфраструктуры	0,3				
Доступность парковочной инфраструктуры – время на поиск свободного парковочного места, мин.	1	7	6	4	5
Интегрированная балльная оценка совокупности критериев транспортной доступности		54	72	58	
Рейтинг		3	1	2	

Разработано авторами.  
Developed by the authors.

доступность ЖК «Вавилова 4» на 33% выше, чем у ЖК «Счастье на Сходненской», а транспортная доступность ЖК «Ясный» выше, чем ЖК «Счастье на Сходненской», всего лишь на 8%.

Итак, в результате проведенной апробации были получены значения показателей транспортной доступности трех ЖК города Москвы, рассчитана интегрированная балльная оценки совокупности критериев транспортной доступности для каждого ЖК, дана сравнительная оценка их транспортной доступности и проведено их рейтингование.

### Выводы

В настоящей статье авторами проведен обзор методических подходов к расчету объективных количественных показателей, характеризующих транспортную доступность капитальных объектов, представлена и апробирована авторская методика расчета интегральных показателей транспортной доступности жилых комплексов г. Москвы на основе взвешенных нормированных частных критериев/показателей. Новизна авторской методики заключается в интегрированном подходе к расчету показателей транспортной доступности по отдельным территориям (жилым комплексам) и возможности сравнения уровней транспортной доступности капитальных объектов. Данный методический подход позволяет группировать и выделять кластеры территорий города, приоритетных для развития транспорта в данный период времени.

Анализ возможной совокупности критериев оценки транспортной доступности трех жилищных комплексов г. Москвы был проведен на основе использования геоинформационной базы данных ГИС NextGIS QGIS.

В результате апробации методики расчета интегральных показателей транспортной доступности жилых комплексов г. Москвы на основе взвешенных нормированных частных критериев/показателей была рассчитана интегрированная балльная оценки совокупности критериев транспортной доступности для каждого ЖК и выполнен сравнительный анализ транспортной доступности ЖК г. Москвы.

Практическая значимость результатов исследования обусловлена возможностью формирования на основе полученной методики системы анализа транспортной доступности капитальных объектов в г. Москве, построения соответствующих рейтингов и принятия обоснованных решений по улучшению транспортной инфраструктуры мегаполиса. Применение авторской методики расчета интегральных показателей транспортной доступности жилых комплексов г. Москвы на основе взвешенных нормированных частных критериев/показателей позволяет также реализовать некоторые

практические направления применения оценок транспортной доступности:

1. Проводить сравнительный анализ транспортной доступности ЖК (или более крупных агрегатов), который необходим для разработки программ развития транспортной инфраструктуры города в целом, отдельных округов и районов. Подобный анализ необходим, в частности, для группировки и кластеризации территорий города, определения приоритетных районов с точки зрения развития транспорта.
2. Проводить динамический анализ показателей транспортной доступности ЖК и территорий. Результаты такого анализа позволяют оценить эффект от проводимых мероприятий и программ развития транспортной инфраструктуры города, округов и районов, оценить направленность (улучшение или ухудшение) и темпы произошедших изменений. Динамический анализ может быть полезен для прогнозирования параметров транспортной ситуации в территориальных комплексах Москвы, без которого в современном мегаполисе невозможно решать большинство задач социально-экономического развития.

В данном исследовании обосновывается методика расчета метрик транспортной доступности, базирующихся на объективных оценках времени, которое тратят горожане на различные транспортные операции. При этом возникает вполне оправданный вопрос: можно ли считать, что существует однозначное соответствие между объективными оценками времени и степенью удовлетворенности развитием транспорта и его инфраструктуры. Иными словами, всегда ли уменьшение временных оценок (отдельных или интегрированных) однозначно ведет к повышению удовлетворенности жителей, и наоборот.

Ответы на эти вопросы требуют дополнительных исследований, и подтверждают мнение многих авторов относительно того, что методики оценки транспортной доступности капитальных объектов, основанные на объективных показателях, имеют ряд недостатков [15]. В таких методиках придается слишком большое значение сокращению времени поездок и важности времени поездок для пользователей, хотя это не всегда является определяющим фактором для индивида. Аналогичное расхождение существует и в отношении объективно смоделированной доступности и воспринимаемой индивидами транспортной доступности объектов города [16].

Объективные показатели важны для определения времени в пути, расстояний, построения маршрутов, развития транспортной инфраструктуры и соответствующих видов транспорта. Однако объективных данных недостаточно для других контекстуальных детерминант, таких как погода (климат),

культура и др., определяющих предпочтения жителей городов в способах передвижения и построении маршрутов до желаемых объектов. Наряду с этим, объективные показатели не способны улавливать степень осведомленности людей о вариантах маршрута и видах транспорта [1; 2].

Наше исследование, как и исследования других авторов, показывает, что объективные показатели измерения транспортной доступности не охватывают всей совокупности характеристик транспортной доступности, а следовательно, должны быть дополнены субъективными параметрами доступности в части индивидуального измерения [3; 4].

Применение методов, связанных с субъективными оценками при определении транспортной доступности капитальных объектов, обосновано необходимостью оценки транспортной доступности непосредственными потребителями транспортных услуг. Измерение показателей воспринимаемой транспортной доступности позволяет более точно определять дифференцированные потребности различных групп населения большого города [3]. Транспортную доступность по-разному воспринимают конечные потребители одноименных услуг, в зависимости от уровня их осведомленности о доступных видах транспорта, маршрутах, отличий в потребностях, психографических и поведенческих характеристиках.

Таким образом, по мнению авторов, для дальнейшего развития системы оценки транспортной доступности необходимо проводить исследования и определять показатели, основанные на восприятии жителями города транспортной доступности объектов, что должно стать темой будущего исследования.

#### Список источников

1. *Curtis C., Scheurer J., McLeod S.* Spatial accessibility of public transport in Australian cities: Does it relieve or entrench social and economic inequality? // *Journal of Transport and Land Use*. 2017. Vol. 10. № 1. P. 911-930. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2017.1097>
2. *Curl A., Nelson J. D., Anable J.* Does accessibility planning address what matters? A review of current practice and practitioner perspectives // *Research in Transportation Business & Management*. 2011. Vol. 2. P. 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2011.07.001>
3. *Lättman K., Olsson L.E., Friman M.* A new approach to accessibility – Examining perceived accessibility in contrast to objectively measured accessibility in daily travel // *Research in Transportation Economics*. 2018. Vol. 69. P. 501-511. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.06.002>
4. *Kamruzzaman Md., Yigitcanlar T., Yang J., Mohamed M.A.* Measures of Transport-Related Social Exclusion: A Critical Review of the Literature // *Sustainability*. 2016, Vol. 8. № 7. <https://doi.org/10.3390/su8070696>
5. *Tiznado-Aitken I., Munoz J.C., Hurtubia R.* Public transport accessibility accounting for level of service and competition for urban opportunities: An equity analysis for education in Santiago de Chile // *Journal of transport geography*. 2021. Vol. 90. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102919>
6. *Zheng L., van Wee B., Oeser M.* Combining accessibilities for different activity types: Methodology and case study // *Journal of transport and land use*. 2019. Vol. 12. № 1. P. 853-872. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2019.1529>
7. *De Alba-Martinez H., Grindla A.L., Ochoa-Covarrubias G.* (In) Equitable Accessibility to Sustainable Transport from Universities in the Guadalajara Metropolitan Area, Mexico // *Sustainability*. 2021. Vol. 13. № 1. P. 55. <https://doi.org/10.3390/su13010055>
8. *Rossetti S., Tiboni M., Vetturi D., Zazzi M., Caselli B.* Measuring Pedestrian Accessibility to Public Transport in Urban Areas: a GIS-based Discretisation Approach // *European transport-trasporti europei*. 2020. Vol. 76. № 1. URL: [http://www.istiee.unict.it/sites/default/files/files/12\\_ET\\_14.pdf](http://www.istiee.unict.it/sites/default/files/files/12_ET_14.pdf) (Дата обращения: 17.10 2021).
9. *Luptak V., Drozdziel P., Stopka O., Stopkova M., Rybicka I.* Approach Methodology for Comprehensive Assessing the Public Passenger Transport Timetable Performances at a Regional Scale // *Sustainability*. 2019. Vol. 11. № 13. <https://doi.org/10.3390/su11133532>
10. *Adesanya A.* Decision-making for sustainable transport and mobility: Multi actor multi criteria analysis // *Social science journal*. 2020. Vol. 58. № 2. P. 268-269. <https://doi.org/10.1080/03623319.2020.1795520>
11. *Wolek M., Jagiello A., Wolanski M.* Multi-Criteria Analysis in the Decision-Making Process on the Electrification of Public Transport in Cities in Poland: A Case Study Analysis // *Energies*. 2021. Vol. 14. № 19. <https://doi.org/10.3390/en14196391>
12. *Mikusova N., Fedorko G., Molnar V., Hlatka M., Kampf R., Sirkova V.* Possibility of a Solution of the Sustainability of Transport and Mobility with the Application of Discrete Computer Simulation-A Case Study // *Sustainability*. 2021. Vol. 13. № 17. <https://doi.org/10.3390/su13179816>
13. *Siegel M.S.* Quantifying transit access in New York City: Formulating an accessibility index for analyzing spatial and social patterns of public transportation // *CUNY Academic Works*. 2016. <https://doi.org/10.1016/j>

14. Casas I., Horner M.W., Weber J. A comparison of three methods for identifying transport-based exclusion: A case study of children's access to urban opportunities in Erie and Niagara counties, New York // *International Journal of Sustainable Transportation*. 2009. Vol. 3. № 4. P. 227-245. <https://doi.org/10.1080/15568310802158761>
15. Broniewicz E., Ogrodnik K. A Comparative Evaluation of Multi-Criteria Analysis Methods for Sustainable Transport // *Energies*. 2021. Vol. 14. № 6. <https://doi.org/10.3390/en14165100>
16. Yannis V., Kopsacheili A., Dragomanovits A., Petraki V. State-of-the-art review on multi-criteria decision-making in the transport sector // *Journal of traffic and transportation engineering*. 2020. Vol. 7. № 14. P. 413-431. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.05.005>
17. Ямпольская Д.О., Пилипенко А.И. Маркетинговый анализ: технология и методы проведения. М.: Юрайт, 2018. 268 с. URL: <https://urait.ru/bcode/454472> (дата обращения: 11.11.2021)
18. Подиновский В.В., Гаврилов В.М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. М.: URSS: ЛЕНАНД, 2016. 191 с.
19. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях. М.: Знание, 1979. 64 с.
20. Belton V., Stewart T.J. Multiple criteria decision analysis. An integrated approach. Boston: Cluwer, 2003. 372 p.
21. Гермейер Ю.В. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971. 384 с.
22. Зах Ю.А. Принятие многокритериальных решений. М.: Экономика, 2011. 235 с.
23. Tomasiell D.B., Giannotti M., Arbex R., Davis C. Multi-temporal transport network models for accessibility studies // *Transactions in GIS*. 2019. Vol. 23. № 2. P. 203-223. <https://doi.org/10.1111/tgis.12513>
24. Istillozlu E., Doratli N. A normative approach for assessment of accessibility from liveability perspective // *European planning studies*. 2021. Vol. 29. № 1. P. 39-56. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1779666>
25. Eupták V., Bartuška L., Drożdziel P. Assessing connection quality in passenger air transport in the context of Prague region development // *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2019. Vol. 103. P. 81-91. <https://doi.org/10.20858/sjsutst>
26. Blair N., Hine J., Bukhar S.M.A. Analysing the impact of network change on transport disadvantage: A GIS-based case study of Belfast // *J. Transp. Geogr.* 2013. Vol. 31. P. 192-200. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.06.015>
27. Parkhurst G., Meek S. The effectiveness of park-and-ride as a policy measure for more sustainable mobility // *Transport and Sustainability*. 2014. Vol. 5. P. 185-211.

Статья поступила в редакцию 17.11.2021; одобрена после рецензирования 09.12.2021; принята к публикации 13.12.2021

#### Об авторах:

**Мхитарян Сергей Владимирович**, профессор кафедры маркетинга, заведующий Научно-исследовательской лабораторией маркетинговых исследований транспортного комплекса, Российский Экономический Университет им. Г. В. Плеханова (117997, Москва, Стремянный пер., д. 36), Москва, Россия, доктор экономических наук, профессор, **ORCID ID: 0000-0001-8471-2395**, [Mkhitaryan.SV@rea.ru](mailto:Mkhitaryan.SV@rea.ru)

**Мусатова Жанна Борисовна**, доцент кафедры маркетинга, Российский Экономический Университет им. Г. В. Плеханова (117997, Москва, Стремянный пер., д. 36), Москва, Россия, кандидат экономических наук, доцент, **ORCID ID: 0000-0002-9617-5838**, [Musatova.ZHB@rea.ru](mailto:Musatova.ZHB@rea.ru)

**Муртузалиева Таира Велимагомедовна**, доцент кафедры маркетинга, Российский Экономический Университет им. Г. В. Плеханова (117997, Москва, Стремянный пер., д. 36), Москва, Россия, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, доцент, **ORCID ID: 0000-0001-7762-010X**, [Murtuzaliev.TV@rea.ru](mailto:Murtuzaliev.TV@rea.ru)

**Тимохина Галина Сергеевна**, доцент кафедры маркетинга, Российский Экономический Университет им. Г. В. Плеханова (117997, Москва, Стремянный пер., д. 36), Москва, Россия, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, доцент, **ORCID ID: 0000-0001-7322-8063**, [Timohina.GS@rea.ru](mailto:Timohina.GS@rea.ru)

**Широченская Ирина Петровна**, доцент кафедры маркетинга, Российский Экономический Университет им. Г. В. Плеханова (117997, Москва, Стремянный пер., д. 36), Москва, Россия, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, доцент, **ORCID ID: 0000-0002-5919-2313**, [Shirochenskaya.IP@rea.ru](mailto:Shirochenskaya.IP@rea.ru)

#### Вклад соавторов:

Мхитарян С. В. – научный руководитель исследования; развитие методологии, сбор данных и доказательств, формализованный анализ данных.

Тимохина Г. С. – подготовка начального и окончательного варианта статьи, ее редактирование и оформление.

Мусатова Ж. Б. – проведение критического анализа материалов и формирование выводов.

Широченская И. П. – редактирование элементов статьи на английском языке.

Муртузалиева Т. В. – обеспечение ресурсами.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

### References

1. Curtis C., Scheurer J., McLeod S. Spatial accessibility of public transport in Australian cities: Does it relieve or entrench social and economic inequality? *Journal of Transport and Land Use*. 2017; 10(1):911-930. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2017.1097> (In Eng.)
2. Curl A., Nelson J.D., Anable J. Does accessibility planning address what matters? A review of current practice and practitioner perspectives. *Research in Transportation Business & Management*. 2011; (2):3-11. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2011.07.001> (In Eng.)
3. Lättman K., Olsson L.E., Friman M. A new approach to accessibility – Examining perceived accessibility in contrast to objectively measured accessibility in daily travel. *Research in Transportation Economics*. 2018; (69):501-511. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.06.002> (In Eng.)
4. Kamruzzaman Md., Yigitcanlar T., Yang J., Mohamed M.A. Measures of Transport-Related Social Exclusion: A Critical Review of the Literature. *Sustainability*. 2016; 8(7). <https://doi.org/10.3390/su8070696> (In Eng.)
5. Tiznado-Aitken I., Munoz J.C., Hurtubia R. Public transport accessibility accounting for level of service and competition for urban opportunities: An equity analysis for education in Santiago de Chile. *Journal of Transport Geography*. 2021; 90. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102919> (In Eng.)
6. Zheng L., van Wee B., Oeser M. Combining accessibilities for different activity types: Methodology and case study. *Journal of Transport and Land Use*. 2019; 12(1):853-872. DOI: 10.5198/jtlu.2019.1529 (In Eng.)
7. De Alba-Martinez H., Grindla AL., Ochoa-Covarrubias G. (In)Equitable Accessibility to Sustainable Transport from Universities in the Guadalajara Metropolitan Area, Mexico. *Sustainability*. 2021; 13(1):55. <https://doi.org/10.3390/su13010055> (In Eng.)
8. Rossetti S., Tiboni M., Vetturi D., Zazzi M., Caselli B. Measuring Pedestrian Accessibility to Public Transport in Urban Areas: a GIS-based Discretisation Approach. *European transport-trasporti europei*. 2020; 76(1). URL: [http://www.istiee.unict.it/sites/default/files/files/1\\_2\\_ET\\_14.pdf](http://www.istiee.unict.it/sites/default/files/files/1_2_ET_14.pdf) (accessed 17 October 2021) (In Eng.)
9. Luptak V., Drozdziel P., Stopka O., Stopkova M., Rybicka I. Approach Methodology for Comprehensive Assessing the Public Passenger Transport Timetable Performances at a Regional Scale. *Sustainability*. 2019; 11(13). <https://doi.org/10.3390/su11133532> (In Eng.)
10. Adesanya A. Decision-making for sustainable transport and mobility: Multi actor multi criteria analysis. *Social science journal*. 2020; 58(2):268-269. <https://doi.org/10.1080/03623319.2020.1795520> (In Eng.)
11. Wolek M., Jagiello A., Wolanski M. Multi-Criteria Analysis in the Decision-Making Process on the Electrification of Public Transport in Cities in Poland: A Case Study Analysis. *Energies*. 2021; 14(19). <https://doi.org/10.3390/en14196391> (In Eng.)
12. Mikusova N., Fedorko G., Molnar V., Hlatka M., Kampf R., Sirkova V. Possibility of a Solution of the Sustainability of Transport and Mobility with the Application of Discrete Computer Simulation-A Case Study. *Sustainability*. 2021; 13(17). <https://doi.org/10.3390/su13179816> (In Eng.)
13. Siegel M.S. Quantifying transit access in New York City: Formulating an accessibility index for analyzing spatial and social patterns of public transportation. *CUNY Academic Workshp*. 2016. <https://doi.org/10.1016/j> (In Eng.)
14. Casas I., Horner M.W., Weber J. A comparison of three methods for identifying transport-based exclusion: A case study of children's access to urban opportunities in Erie and Niagara counties, New York. *International Journal of Sustainable Transportation*. 2009; 3(4):245. <https://doi.org/10.1080/15568310802158761> (In Eng.)
15. Broniewicz E., Ogrodnik K. A Comparative Evaluation of Multi-Criteria Analysis Methods for Sustainable Transport. *Energies*. 2021; 14(6). <https://doi.org/10.3390/en14165100> (In Eng.)
16. Yannis V., Kopsacheili A., Dragomanovits A., Petraki V. State-of-the-art review on multi-criteria decision-making in the transport sector. *Journal of traffic and transportation engineering*. 2020; 7(14):413-431. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.05.005> (In Eng.)
17. Yampolskaya D.O., Pilipenko A.I. Marketing analysis: technology and methods of implementation. Moscow: Publishing House "Yurayt"; 2018. 268 p. URL: <https://urait.ru/bcode/454472> (accessed 11 November 2021) (In Russ.)
18. Podinovskiy V.V., Gavrilov V.M. Optimization by consistently applied criteria. Moscow, URSS: LENAND; 2016. 191 p. (In Russ.)
19. Gaft M.G. Decision-making under numerous criteria Moscow, Publishing House "Znanie"; 1979. 64 p. (In Russ.)
20. Belton V., Stewart T.J. Multiple criteria decision analysis. An integrated approach. Boston, Cluwer, 2003. 372 p. (In Eng.)
21. Germeier Yu.V. An introduction to the theory of operations research. Moscow, Publishing House "Nauka"; 1971. 384 p. (In Russ.)

22. Zak Yu.A. Making multi-criteria decisions. Moscow, Publishing House "Economics"; 2011. 235 p. (In Russ.)
23. Tomasiell D.B., Giannotti M., Arbex R., Davis C. Multi-temporal transport network models for accessibility studies. *Transactions in GIS*. 2019; 23(2):203-223. <https://doi.org/10.1111/tgis.12513> (In Eng.)
24. Istillozlu E., Doratli N. A normative approach for assessment of accessibility from liveability perspective. *European planning studies*. 2021; 29(1):39-56. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1779666> (In Eng.)
25. Ľupták V., Bartuška L., Drożdziel P. Assessing connection quality in passenger air transport in the context of Prague region development. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2019; (103):81-91. <https://doi.org/10.20858/sjsutst> (In Eng.)
26. Blair N., Hine J., Bukhar S.M.A. Analysing the impact of network change on transport disadvantage: A GIS-based case study of Belfast. *Journal of Transport Geography*. 2013; (31):192-200. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.06.015> (In Eng.)
27. Parkhurst G., Meek S. The effectiveness of park-and-ride as a policy measure for more sustainable mobility. *Transport and Sustainability*. 2014; (5):185-211. (In Eng.)

The article was submitted 17.11.2021; approved after reviewing 09.12.2021; accepted for publication 13.12.2021

#### About the authors:

**Sergey V. Mkhitarian**, Professor of the Marketing Department, Head of the Research Laboratory for Marketing Research of the Transport Complex, Plekhanov Russian University of Economics (36, Stremyanny lane, Moscow, 117997), Moscow, Russian Federation, Doctor of Economics Sciences, Professor, **ORCID ID: 0000-0001-8471-2395**, [Mkhitarian.SV@rea.ru](mailto:Mkhitarian.SV@rea.ru)

**Zhanna B. Musatova**, Associate Professor of the Marketing Department, Plekhanov Russian University of Economics (36, Stremyanny lane, Moscow, 117997), Moscow, Russian Federation, Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor, **ORCID ID: 0000-0002-9617-5838**, [Musatova.ZHB@rea.ru](mailto:Musatova.ZHB@rea.ru)

**Taira V. Murtuzaliev**, Associate Professor of the Marketing Department, Plekhanov Russian University of Economics (36, Stremyanny lane, Moscow, 117997), Moscow, Russian Federation, Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor, Senior Researcher, **ORCID ID: 0000-0001-7762-010X**, [Murtuzaliev.TV@rea.ru](mailto:Murtuzaliev.TV@rea.ru)

**Galina S. Timokhina**, Associate Professor of the Marketing Department, Plekhanov Russian University of Economics (36, Stremyanny lane, Moscow, 117997), Moscow, Russian Federation, Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor, Senior Researcher, **ORCID ID: 0000-0001-7322-8063**, [Timokhina.GS@rea.ru](mailto:Timokhina.GS@rea.ru)

**Irina P. Shirochenskaya**, Associate Professor of the Marketing Department, Plekhanov Russian University of Economics (36, Stremyanny lane, Moscow, 117997), Moscow, Russian Federation, Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor, Senior Researcher, **ORCID ID: 0000-0002-5919-2313**, [Shirochenskaya.IP@rea.ru](mailto:Shirochenskaya.IP@rea.ru)

#### Contribution of co-authors:

Mkhitarian Sergey V. – Research supervisor; development of methodology, collection of data and evidence, formalized data analysis.

Timokhina Galina S. – preparation of the initial and final version of the article, its editing and design.

Musatova Zhanna B. – conducting a critical analysis of materials and forming conclusions.

Shirochenskaya Irina P. – editing the elements of the article in English.

Murtuzaliev Taira V. – provision of resources.

All authors have read and approved the final manuscript.