

УДК 338.49  
JEL R41, R58

DOI: 10.57015/issn1998-5320.2023.17.4.20

Научная статья

В. А. Благинин<sup>1</sup> ✉, Е. В. Соколова<sup>1</sup>

✉ v.a.blagin@usue.ru

<sup>1</sup>Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

## Методология оценки и комплексной диагностики формирования и пространственной организации транспортно-коммуникационной инфраструктуры

**Аннотация:** Научная статья представляет собой ретроспективный анализ и систематизацию методологий оценки транспортно-коммуникационной инфраструктуры регионов, как в мировой, так и в отечественной научной литературе. В основе данного процесса лежит стремление выявить проблемы и ограничения в существующих методиках и методологиях. Основной целью исследования является поиск недостающих и принципиальных аспектов, учитываемых при дальнейшей разработке авторской усовершенствованной методологии оценки и комплексной диагностики формирования и пространственной организации транспортно-коммуникационной инфраструктуры. Исходя из анализа, авторы приходят к пониманию того, что методология оценки должна включать показатели, учитывающие различные аспекты развития инфраструктуры, основываться на открытых данных, обеспечивая доступность и прозрачность методологии, а также стремиться к универсальности, то есть быть применимой для оценки различных регионов и условий.

**Ключевые слова:** транспортно-коммуникационная инфраструктура, транспортная инфраструктура, регион, автомобильный транспорт, пространственно-функциональный подход.

**Дата поступления статьи:** 29 сентября 2023 г.

**Для цитирования:** Благинин В. А., Соколова Е. В. (2023) Методология оценки и комплексной диагностики формирования и пространственной организации транспортно-коммуникационной инфраструктуры. Наука о человеке: гуманитарные исследования, том 17, № 4, с. 202–212. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2023.17.4.20.

Scientific article

V. A. Blagin<sup>1</sup> ✉, E. V. Sokolova<sup>1</sup>

✉ v.a.blagin@usue.ru

<sup>1</sup>Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russian Federation

## Methodology for the Assessment and Comprehensive Diagnosis of the Formation and Spatial Organization of Transportation and Communication Infrastructure

**Abstract:** This scientific article presents an analysis of methodologies for assessing the transportation infrastructure of regions, both in the global and domestic scientific literature. The underlying aim of this analysis is to identify existing problems and limitations in current methodologies. The primary goal of the research is to identify missing and fundamental aspects that should be considered in the development of an improved authorial methodology for assessing and comprehensively diagnosing the formation and spatial organization of transportation and communication infrastructure. Based on the analysis, the author comes to the understanding that the assessment methodology should encompass indicators that take into account various aspects of infrastructure development, rely on open data to ensure accessibility and transparency, and strive for universality, meaning it should be applicable for evaluating different regions and conditions.

**Keywords:** transportation and communication infrastructure, transportation infrastructure, region, automotive transport, spatial-functional approach.

**Paper submitted:** September 29, 2023.

**For citation:** Blaginin V. A., Sokolova E. V. (2023) Methodology for the Assessment and Comprehensive Diagnosis of the Formation and Spatial Organization of Transportation and Communication Infrastructure. Russian Journal of Social Sciences and Humanities, vol. 17, no. 4, pp. 202–212. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2023.17.4.20.

### **Введение**

В современных условиях преобразования экономики страны и мирохозяйственных связей, изменений в геополитических структурах и необходимой пространственной интеграции различных видов экономической деятельности особое внимание уделяется развитию регионов. Фундаментом этого развития, среди других региональных процессов, является формирование совершенно новой инфраструктуры. Инфраструктура играет центральную роль в экономических системах на макро-, мезо- и микроуровнях. Она служит связующим звеном для благоприятной хозяйственной деятельности субъектов и влияет на качество жизни населения, инвестиционную привлекательность территории, а также способствует социально-экономическому развитию территорий и страны в целом.

Одним из ключевых элементов инфраструктуры региона является транспортная инфраструктура. Она формирует основу территории, участвует во всех экономических процессах и создает условия для дальнейшего хозяйственного развития. Более того, транспортная инфраструктура взаимодействует с другими видами инфраструктуры и отраслями народного хозяйства.

Однако, как считают авторы, следует рассматривать не только ограниченное понятие «транспортная инфраструктура», а более широкое понятие «транспортно-коммуникационная инфраструктура». Так как одной из важнейших функций инфраструктуры является коммуникационная, а также потому что совмещение транспортной и коммуникационной инфраструктуры позволит рассматривать этот симбиоз с учетом неотделимой связи с экономическими и социальными процессами, особенно в условиях современной России, где наблюдается усиление интеграционных процессов.

Также в сфере транспорта проявляются характерные черты новой промышленной революции. Несмотря на глобальный масштаб Industrie 4.0 и его реализацию в рамках национальных стратегий, очевидно, что это приведет к существенным изменениям в традиционной производственной парадигме. Происходит постепенный переход от традиционного представления о транспортной инфраструктуре к концепции интеллектуального транспорта. Транспортно-коммуникационная инфраструктура должна оперативно адаптироваться к технологическим изменениям с помощью экзогенных вмешательств, которые необходимы для обеспечения должного развития этой отрасли и территорий в целом. Транспортно-коммуникационная инфраструктура становится базой для конкурентоспособных регионов, символизируя уровень развития технологий и экономики.

Исследование сущности, структуры и факторов развития инфраструктуры в целом, а также транспортно-коммуникационной инфраструктуры в частности, позволит провести более детальный анализ экономических процессов, происходящих на уровне регионов. По этой причине предлагается рассмотреть подходы к оценке и комплексной диагностике формирования и организации транспортно-коммуникационной инфраструктуры в первую очередь на примере автомобильного транспорта, с использованием факторов самоорганизации в пространстве и выявления тенденциальных особенностей развития интеллектуального транспорта и его обслуживающей инфраструктуры на основе взаимодействия в пространственно-функциональном аспекте.

### **Результаты**

Авторы ставят перед собой задачу выявления и систематизации основных разработанных методик и методологий оценки транспортно-коммуникационной инфраструктуры на международном и российском уровне. Основная задача специалиста при оценке и комплексной диа-

гностике формирования и пространственной организации транспортно-коммуникационной инфраструктуры региона заключается в определении необходимых индикаторов и прогностических параметров, которые должны соответствовать области изучения и ее особенностям и методологии.

Исследование, проведенное А. Чусакун и К. Йомом, направлено на поиск и оценку важнейших показателей разработки усовершенствования системы общественного транспорта путем использованием метода нечеткого аналитического иерархического процесса, в результате которого параметр безопасности получил наивысший ранг, а тремя наиболее важными весовыми показателями оказались снижение числа дорожно-транспортных происшествий, связанных с общественным транспортом, плотность сети общественного транспорта и время ожидания общественного транспорта, что подтверждается тем, что перечисленные показатели оцениваются как важнейшие во всех описанных исследованиях по тематике (Choosakun, Yeom, 2021).

Т.-А. Шиауа и Ж.-С. Лю в работе, направленной на повышение транспортной устойчивости мегаполиса, выделили ряд показателей измерения устойчивости транспорта на уровне области или города: плотность распределения транзита, модальное разделение транзита, сервисная интенсивность транзита (пройденные транспортные километры), коэффициент загрузки транзита (пройденный пассажиро-километр), соотношение парковочных мест, соотношение эксклюзивных полос для автобусов, модальное разделение немоторизованных режимов (доля немоторизованных видов транспорта в процентах), влияние общественного депо на перевалку грузов, мобильность и транспорт для пожилых людей и инвалидов, транспортная инфраструктура в отдаленных районах и ряд экологических вопросов, связанных с транспортом (Shiaua, Liu, 2013).

В систему оценки уровня развития городского общественного транспорта, представленную Л. Цзоу и соавторами, входит более 20 показателей (индексных слоев), разделенных на 6 критериальных слоев – групп, среди которых (Zou et al., 2014):

1. Уровень строительства инфраструктуры. Процент, скорость, количество и загрузка общественного транспорта.

2. Уровень обслуживания. Скорость, пунктуальность и удовлетворенность от использования общественного транспорта.

3. Уровень интеграции информационных технологий. Скорость и возможность использования электронной платежной карты, наличие электронных бортовых терминалов.

4. Уровень устойчивого развития. Скорость стыковки и взаимодействия автобусов и трамваев, доля экологически чистых транспортных средств общественного транспорта и прочее.

5. Уровень государственной поддержки. Наличие субсидии на эксплуатацию общественного транспорта, заинтересованность и заполненность соответствующих нормативов, законов и правил в области транспорта.

6. Уровень социальной активности. Транзитно-ориентированная интенсивность эксплуатации линий городского и сельского пассажирского транспорта, количество поездок общественным транспортом на душу населения в день.

Модель, представленная А. Лонго, М. Заппаторе и С. Б. Навате, включает ряд макропараметров, описывающих восприятие и ожидания пассажиров в отношении услуг общественного транспорта, к достижению которых должны стремиться службы, регулирующие транспортную инфраструктуру территории: материальные аспекты (персонал, оборудование и транспортные средства); надежность (предоставление своевременных и надежных услуг); возможность ответа (помощь и поддержка клиентов, сервисы, упрощающие поиск маршрутов передвижения) (Longo, Zappatore, Navathe, 2019).

Также свой взгляд на усовершенствование системы общественного транспорта, а именно его производительности, представили А. Сирил, Р. Х. Муланги и В. Джордж (Cyril, Mulangi, George, 2020). В число показателей эффективности с учетом восприятия как операторов, так и пользователей, вошли: контролируемые расходы, неконтролируемые расходы, налоги, соотношение обслуживающего персонала на автобус (эксплуатируемый парк), безопасность, доступность,

регулярность, коэффициент загрузки, использование автопарка, процент «мертвых» километров к эффективным километрам, скорость поездки и процент отмененных километров по сравнению с запланированными километрами.

Существующие российские исследования в области оценки транспортно-коммуникационной инфраструктуры, ее обеспечения и совершенствования, в основном сконцентрированы на уровне региональной транспортной инфраструктуры. Многочисленные работы обширного ряда российских авторов ориентированы на конкретные регионы, что является их главной отличительной особенностью относительно иностранных исследований, особенно авторов из стран Западной Европы, так как последние в большей мере заинтересованы в оценке международных транспортных взаимодействий, коммуникаций и общего международного транспортного потока, или же транспортной инфраструктуры отдельного государства в целом, что поясняется географическими особенностями, масштабами и плотностью международных связей ряда европейских государств.

Так, среди исследований транспорта и логистики Дальнего Востока РФ авторы акцентируют внимание на особенностях горной местности, накладывающих определенные ограничения. Р. Г. Леонтьев описывает проблемы сети автомобильных дорог Дальнего Востока РФ как наиболее актуальные для региона ввиду того, что автотранспорт ранее выступал в роли вспомогательного вида, конечного после железнодорожного, водного и воздушного транспорта, считая, что именно это привело к тому, что в регионе не была окончательно сформирована опорная сеть автомобильных дорог (Леонтьев, 2009).

Тематика оценки транспортной инфраструктуры Дальнего Востока РФ затрагивалась в работах множества авторов, в частности: ряд работ В. В. Цыганова посвящены прогнозированию комплексной инфраструктуры крупномасштабного региона – макрорегионов Сибири, Дальнего Востока и Российской Арктики (Цыганов, Малыгин, 2021); А. В. Барчуков изучал формирование региональной сети железных дорог в целях интеграции с железными дорогами КНР и Кореи (Барчуков, 2008); Е. А. Заостровских, наоборот, выделяет проблемы развития инфраструктуры морских портов дальневосточного региона с точки зрения эффективного интегрирования в межрегиональную и международную транспортную систему (Заостровских, 2011); П. П. Володькин высказывает схожее с Р. Г. Леонтьевым мнение о том, что транспортная система, маршрутная сеть, складская и терминальная инфраструктура Дальнего Востока развита недостаточно, однако в своих работах более акцентирует внимание на пассажирских перевозках (Володькин, 2021); Т. М. Комарова рассматривает влияние развитости транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие территории юга российского Дальнего Востока (Комарова, 2002); развитием транспорта на Дальнем Востоке РФ интересуется и А. В. Лаврентьев, изучая социально-экономические и правовые условия международных перевозок, а именно сообщение со странами Азиатско-Тихоокеанского региона (Лаврентьев, 2010).

Зачастую необходимость формирования транспортной инфраструктуры среди регионов Российской Федерации, наряду с Дальним Востоком, обсуждается для Сибири. Существующие исследования прошли путь от публикаций, в которых формировались и описывались различные стратегии транспортного освоения Сибири (Кибалов, Комаров, Ткаченко, 2000), до исследований результатов работы в данной сфере и поиска перспектив дальнейшего развития (Щербанин, 2020). Среди авторов, активно публикующихся в тематике, нужно отметить: В. Я. Ткаченко, рассматривающего транспортный комплекс Сибири в целом и отдельные проекты в частности (Ткаченко, 2014); Т. А. Прокофьеву, изучающую интегрированные производственно-транспортные комплексы как стратегическое направление реализации транзитного потенциала Сибирского региона (Прокофьева, 2011); С. С. Гончаренко, неоднократно исследующего формирование системы национальных и международных транспортных коридоров как фактор развития и интеграции регионов (Прокофьева, Гончаренко, 2015); К. Л. Комарова, рассматривающего вопросы, связанные с развитием транспортной системы Сибирской конурбации (Комаров, 2018); Н. Б. Попову, изучающую эколого-географическую характеристику зоны влияния транспортной системы Западной Сибири (Попова, Белоненко, 2014) и т. д.

Среди регионов, для которых формирование транспортной инфраструктуры является важным вопросом, в значительной степени обеспечивающим качество жизни местного населения, выделяется Российская Арктика. Н. А. Серова и В. А. Серова считают, что преграды развития и модернизации транспортной инфраструктуры в арктических регионах обусловлены не только сложными природно-географическими условиями, но и систематическим недофинансированием транспортной отрасли со стороны государства (Серова, Серова, 2021). И. В. Карапетянц при анализе национальных стратегий западных стран по развитию арктического региона, в части транспорта, приходит к ряду значительных выводов, среди которых необходимость развития как традиционных видов транспорта, так и новых, работающих на солнечной/ветряной энергии или на газо-, био-, водородном топливе (Карапетянц, 2019). Также И. В. Карапетянц привлекает внимание к тому, что, несмотря на статус Арктики как демилитаризованной зоны, часть государств, используя неточности имеющегося правового законодательства регулирования в области арктического региона, причисляют Арктику к территориям военно-оборонного значения, что подразумевает развертывание военно-транспортной инфраструктуры, что также необходимо учитывать при принятии управленческих решений в данной области.

Вышеописанные исследования нацелены на определение проблемных моментов, особенностей территорий и формирование индивидуальных путей развития, принимающих во внимание выделенные аспекты, позволяющих оптимизировать дальнейшую работу в данной области в целях повышения эффективности транспортного управления регионом. Подобные работы выступают научно-информационной базой для непосредственно дальнейшей комплексной диагностики формирования и пространственной организации транспортно-коммуникационной инфраструктуры путем использования специализированных методов.

Разработаны различные методы оценки уровня развития и эффективности функционирования региональной транспортной инфраструктуры. Исследователи представляют в своих работах разнообразные методики оценки или выражают собственные точки зрения на уже существующие. Однако следует отметить, что до настоящего времени не существует единой универсально применимой системы оценки региональной транспортно-коммуникационной инфраструктуры.

Я. Л. Горчаков оценивал транспортные сети Восточно-Сибирского экономического района для разных субъектов региона, основываясь на показателях качества, густоты и конфигурации транспортной сети с помощью коэффициентов Энгеля и Гольца (Горчаков, 2002). Коэффициент Энгеля ( $\mathcal{E}$ ) рассчитывается путем соотношения длины транспортных путей ( $L$ ) с освоенной площадью территории,  $\text{км}^2$  ( $S$ ) и численностью ее населения, тыс. чел. ( $H$ ). Коэффициент Гольца ( $\Gamma$ ) считается подобным образом, однако численность населения заменяется на число населенных пунктов ( $N$ ), что логичнее, ввиду того что транспортная сеть связывает именно населенные пункты, как центры концентрации, а не отдельных людей (Гольц, 1981).

$$\mathcal{E} = \frac{L}{\sqrt{SH}}, \quad \Gamma = \frac{L}{\sqrt{SN}}$$

И. Л. Василевский, в свою очередь, использовал для анализа массу отправленных грузов суммарной массой выпускаемой продукции ( $Q$ ) и предложил коэффициенты пересчета длины сети для различных видов транспорта (Василевский, 1971).

$$\mathcal{E}_y = \frac{L}{\sqrt[3]{SHT}}, \quad \mathcal{E}_B = \frac{L}{\sqrt[3]{SHT}}$$

Формулу Энгеля дорабатывал также российский исследователь Ю. И. Успенский, введя дополнительный показатель – массу отправленных грузов ( $T$ ) (Ковалева, 2010).

Я. Л. Горчаков выделяет главный недостаток вышеупомянутых коэффициентов – нечувствительность к пространственному распределению объектов транспортной инфраструктуры. Для территорий с редким населением и невысоким уровнем производства такие показатели дают сильно завышенное представление об обеспеченности путями сообщения. Потому Я. Л. Горчаков

предлагает использовать интегральную транспортную доступность, отражающую технико-экономические особенности каждого вида транспорта и его конфигурацию. Транспортная доступность, согласно В. Н. Бугроменко, – это совокупность возможностей достижения любой точки территории, на величину которых оказали влияние различные условия их осуществления (Бугроменко, 1987). Интегральность заключается в учете смены и маневрирования грузовыми и пассажирскими связями одновременно до всех точек. Формула интегральной транспортной доступности (G) учитывает ряд свойств конфигурации транспортных сетей: частичная связность (q) (линейное соседство) характеризует доступность до главных транспортных магистралей; коэффициент лучистости ( $t^1$ ) характеризует не изолированность данной точки от всей транспортной сети; коэффициент резерва конфигурации ( $t^2$ ) характеризует наличие дополнительных циклов в транспортной сети; транспортный фокус территории, км. (Z) – это минимальное расстояние, которое необходимо преодолеть, чтобы достигнуть какой-либо точки территории от ближайшей к данной точке магистрали. Автор приходит к пониманию того, что несмотря на то, что транспортная доступность кроме протяженности учитывает пространственное распределение и является более широким показателем, интегральность транспортной доступности подсчитывается затруднительно, и потому рекомендует использовать в совокупности с коэффициентами Энгеля и Гольца.

О. А. Давыдова также предлагает в качестве показателя оценки транспортной инфраструктуры использовать модификацию коэффициента Энгеля, трансформировав его в формулу (Давыдова, 2021):

$$QTI = \frac{Lt}{\sqrt{(S \cdot H \cdot (es_1 + es_2) - (1 D / 100))}},$$

где QTI – индекс качества транспортной инфраструктуры, Lt – протяженность дорог на данной территории, м, S – площадь территории, м<sup>2</sup>, H – численность населения, тыс. чел.,  $es_1$  – выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, т на 1 м<sup>2</sup> территории,  $es_2$  – сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, т на 1 м<sup>2</sup> территории,  $D_e$  – доля продукции высокотехнологичных отраслей.

А. М. Кудрявцев и А. А. Тарасенко высказывают мнение о том, что наиболее эффективным методом оценки развитости транспортной инфраструктуры региона является расчет единого показателя методом многомерной классификации на основе многомерных средних ввиду того, что среднее значение по разнотипным параметрам оценки не является надежным результатом, подходящим для объективного сравнения и оценки (Кудрявцев, Тарасенко, 2014).

Расчет общего показателя развития транспортной инфраструктуры региона осуществляется с учетом субъективно определенных коэффициентов степени влияния отдельных показателей на развитость инфраструктуры конкретного региона.

Для оценки транспортной инфраструктуры региона исследователи предлагают использовать показатели развития транспортной инфраструктуры региона, представленные в табл.

В последующих своих работах А. М. Кудрявцев выделил ряд дополнительных показателей развития транспортной инфраструктуры региона: показатель уровня транспортного обслуживания структурных отраслей ( $U_{то}$ ); транспортная подвижность (мобильность) населения ( $T_{нн}$ ); транспортная дискриминация населения (Кудрявцев, Руднева, 2014).

В методике, разработанной К. Л. Терентьевой, каждому показателю присваивается вес в зависимости от степени корреляции данного показателя с темпами роста пространственных экономических систем, выраженных через ВВП Российской Федерации, путем построения серии моделей корреляционного анализа, итогами которого выступают посчитанные коэффициенты корреляции (K) в диапазоне от -1 до 1 (Терентьева, 2014).

С. А. Савушкин и В. В. Цыганов обобщают процесс оценки и вводят коэффициент сбалансированности, рост которого соответствует гармоничному пространственному развитию (Савушкин, Цыганов, 2019). Авторы учитывают различия при оценке показателей и специфику различных

видов используемого транспорта, потому в данной методике рассчитывается частный показатель транспортной обеспеченности социально-экономического развития региона ( $v$ ) через соотношение транспортного показателя пространственного развития региона ( $x$ ) к социально-экономическому показателю региона ( $a$ ), используемому для оценки его функционирования. Используемые показатели могут варьироваться. Так, С. А. Савушкин и В. В. Цыганов в собственном исследовании в качестве транспортного показателя ( $x$ ) использовали общую протяженность автомобильных дорог, а в качестве показателя социально-экономического развития ( $a$ ) – численность населения и ВРП.

**Показатели развития транспортной инфраструктуры региона (Составлено по: Кудрявцев, Тарасенко, 2014)**

**Indicators of the development of transport infrastructure in the region (Compiled from: Kudryavtsev, Tarasenko, 2014)**

Показатель	Метод расчета показателя
1. Плотность транспортной сети на 1000 км <sup>2</sup> , ( $p_1$ )	$p_1 = \frac{L_3 \cdot 1000}{S},$ где $L_3$ – протяженность эксплуатационной длины, км; $S$ – площадь территории, км <sup>2</sup>
2. Транспортная обеспеченность населения, ( $p_2$ )	$d_n = \frac{L_3 \cdot 10000}{H},$ где $L_3$ – протяженность эксплуатационной длины, км; $H$ – численность населения, чел.
3. Развитость предпринимательства в регионе, ( $p_3$ )	$d_n = \frac{O_{\text{общ}} \cdot 10000}{H},$ где $O_{\text{общ}}$ – общее число предприятий и организаций (в том числе малого и среднего бизнеса), ед; $H$ – численность населения, чел.
4. Плотность грузовой массы в регионе, ( $p_4$ )	$K_{пл} = \frac{Q_{\text{отп}} + Q_{\text{проб}}}{S},$ где $Q_{\text{отп}}$ – объем отправленных грузов, тыс. т; $Q_{\text{проб}}$ – объем прибытия грузов, тыс. т; $S$ – площадь территории региона, км <sup>2</sup>
5. Коэффициент Энгеля, ( $p_5$ )	$K_3 = \frac{L_3}{\sqrt{(S \cdot H)}},$ где $L_3$ – протяженность транспортной сети в регионе, тыс. км; $S$ – площадь территории региона, тыс. км <sup>2</sup> ; $H$ – численность населения, 10 тыс. чел.
6. Обеспеченность региона транспортной сетью (формула Успенского), ( $p_6$ )	$K_y = \frac{L_3}{\sqrt[3]{(S \cdot H \cdot Q)}},$ где $L_3$ – протяженность транспортной сети в регионе, тыс. км; $S$ – площадь территории региона, тыс. км <sup>2</sup> ; $Q$ – количество грузов, тыс. т
7. Объем приведенного грузооборота в т-км, приходящийся на 1 рубль валового регионального продукта, ( $p_7$ )	$T_n = \frac{\sum PL_{\text{привед}}}{ВРП},$ где $\sum PL_{\text{привед}}$ – приведенная продукция транспорта; $ВРП$ – валовой региональный продукт, тыс. руб. $\sum PL_{\text{привед}} = \sum QL_{\text{гр}} + k \sum HL_{\text{пасс}}$ где $\sum QL_{\text{гр}}$ – грузооборот, т-км; $\sum HL_{\text{пасс}}$ – пассажирооборот, пасс.-км; $k$ – коэффициент приведения пасс.-км к т-км
8. Развитость межрегионального сотрудничества, ( $p_8$ )	$T_{м/р} = \frac{(P_{\text{ввоз}} + P_{\text{вывоз}}) \cdot 10000}{H},$ где $P_{\text{ввоз}}$ – объем ввезенной продукции в регион, т; $P_{\text{вывоз}}$ – объем вывезенной продукции за пределы региона, т; $H$ – численность населения, чел.
9. Объем инвестиций в транспортную инфраструктуру в общем объеме инвестиций региона, ( $p_9$ )	$D_{\text{инв.т.и}} = \frac{I_{\text{т.и}}}{I_{\text{общ}}},$ где $I_{\text{т.и}}$ – объем инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры региона, тыс. руб.; $I_{\text{общ}}$ – общий объем инвестиций в развитие региона, тыс. руб.

Далее рассчитывается эффективность транспортной инфраструктуры ( $q$ ) при делении значения показателя транспортной деятельности на значение показателя транспортной инфраструктуры ( $z$ ). Тогда комплексный транспортный показатель ( $\bar{x}$ ) рассчитывается по формуле:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \bar{q}_i h_i$$

где  $\bar{q}_i$  – наибольший показатель эффективности по каждому виду транспорта,  $n$  – число видов транспорта,  $h_i$  – транспортные показатели по видам транспорта.

В исследовании С. А. Савушкин и В. В. Цыганов использовали в роли транспортного показателя грузооборот транспорта, а показателя пространственного развития – численность населения и объем ВРП.

### Выводы

Процесс разработки методологии оценки транспортной инфраструктуры прошел длительный путь научного совершенствования и был рассмотрен с разных углов. Тем не менее часто эти методы оставались недостаточно приближенными к реальной ситуации и сложно доступными для применения. Показатели, представляемые авторами, либо не полностью отражали общую картину развития транспортной инфраструктуры региона, либо охватывали только часть ее характеристик. Более того, почти все эти методы оказываются недоступными для расчета из-за недостатка открытых данных, особенно в ретроспективе.

Следовательно, улучшенная модель оценки и комплексной диагностики формирования и организации транспортно-коммуникационной инфраструктуры, по мнению авторов, должна:

1. Включать в себя показатели, учитывающие различные аспекты развития инфраструктуры;
2. Основываться на открытых данных, обеспечивая доступность и прозрачность методологии;
3. Стремиться к универсальности, то есть быть применимой для оценки различных регионов и условий.

Исходя из анализа научной литературы, учитывая историческую эволюцию и обозначенные недостатки современных методологий оценки транспортно-коммуникационной инфраструктуры, особенно для научного направления региональной экономики, разрабатывается авторская методология оценки и комплексной диагностики формирования и пространственной организации транспортно-коммуникационной инфраструктуры региона.

В данной системной модели в рамках пространственно-функционального подхода присутствуют показатели, отражающие различные функции транспортно-коммуникационной инфраструктуры: пространственная, территориальная, распределительная, производственная, регионообразующая.

Отличительной чертой данной методологии является фокус на использовании конкретного подхода и оценке кумулятивного эффекта, возникающего в результате совместного воздействия всех указанных функций транспортно-коммуникационной инфраструктуры на экономическое пространство региона.

В создаваемой методологии учитывается накопленный опыт исследователей в области транспорта и региональной экономики, потому она будет чувствительна к пространственному распределению объектов транспортной инфраструктуры (на чем акцентировал внимание Я. Л. Горчаков) и будет включать относительные показатели, например, ВРП, численность населения и площадь регионов (как отмечали в своих работах К. Л. Терентьева, С. А. Савушкин и В. В. Цыганов).

Разрабатываемая методика, базирующаяся на пространственно-функциональном подходе, нацелена на поиск ответов по следующим важным для региональной экономики и управления процессами вопросам:

1. Как транспортно-коммуникационная инфраструктура пространственно организована в регионе?
2. Как реализуются функции транспортно-коммуникационной инфраструктуры в региональной экономике (или в экономическом пространстве региона)?
3. Какой кумулятивный эффект (результат) возникает от реализации функций транспортно-коммуникационной инфраструктуры?

## Источники

- Барчуков А. В. (2008) Железнодорожный транспорт на Дальнем Востоке Российской Федерации как основа интеграции регионов: уроки Китая. Власть и управление на Востоке России, № 1 (42), с. 49–54. EDN: IWQTKJ.
- Бугроменко В. Н. (1987) Транспорт в территориальных системах. М., Наука, 112 с.
- Василевский Л. И. (1971) Густота сети путей сообщения; Конфигурация транспортных сетей. Транспортная система мира. М., Транспорт, с. 25–37.
- Володькин П. П. (2021) Перспективы развития транспортной системы в Дальневосточном регионе. Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень, Тюменский индустриальный университет, с. 43–46. EDN: GDHYJV.
- Гольц Г. А. (1981) Транспорт и расселение. М., Наука, 248 с. EDN: XRQMGP.
- Горчаков Я. Л. (2002) Оценка транспортной сети Восточно-Сибирского экономического района. Известия Иркутской государственной экономической академии, № 4, с. 34–43. EDN: PJJWSB.
- Давыдова О. А. (2021) Организационно-экономические механизмы развития транспортной инфраструктуры города Москвы. Автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М., Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, 25 с.
- Заостровских Е. А. (2011) Ключевые проблемы развития инфраструктуры морских портов Дальневосточного региона. Таможенная политика России на Дальнем Востоке, № 3(56), с. 26–29. EDN: PJURZP.
- Карапетянц И. В. (2019) Международное сотрудничество и национальные стратегии развития транспорта в Арктике. Обозреватель, № 3 (350), с. 78–95. EDN: KTXDZJ.
- Кибалов Е. Б., Комаров К. Л., Ткаченко В. Я. (2000) К вопросу о стратегии транспортного освоения Сибири на основе развития опорной железнодорожной сети. Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения, № 3, с. 4–10. EDN: QSTEZN.
- Ковалева Е. Н. (2010) Методика определения показателей транспортного обеспечения локальных экономических систем. Журнал университета водных коммуникаций, № 4, с. 109–116. EDN: NDCHEZ.
- Комаров К. Л. (2018) Развитие транспортной системы Сибирской конурбации. Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения, № 3 (46), с. 5–10. EDN: YAATTN.
- Комарова Т. М. (2002) Транспортная инфраструктура в социально-экономическом развитии территории юга российского Дальнего Востока (на примере ЕАО). Интеллектуальные и информационные ресурсы и структуры для регионального развития, с. 149–155.
- Кудрявцев А. М., Руднева А. М. (2014) Методика комплексной оценки эффективности функционирования транспортной инфраструктуры региона. Российское предпринимательство, № 8 (254), с. 109–121. EDN: SCBVNT.
- Кудрявцев А. М., Тарасенко А. А. (2014) Методический подход к оценке развития транспортной инфраструктуры региона. Фундаментальные исследования, № 6-4, с. 789–793. EDN: SWOEFV.
- Лаврентьев А. В. (2010) Развитие транспортных сообщений между российским Дальним Востоком и странами Азиатско-Тихоокеанского региона (вторая половина 1980-х-1990-е годы). Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, № 4 (12), с. 77–83. EDN: NEAJCL.
- Леонтьев Р. Г., Орлов А. Л. (2009) Сеть автомобильных дорог Дальнего Востока РФ: характеристики, факторы развития. Бюллетень транспортной информации, № 1 (163), с. 4–10. EDN: MGWDYR.
- Попова Н. Б., Белоненко Г. В. (2014) Эколого-географическая характеристика зоны влияния сухопутной транспортной системы Западной Сибири. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, № 1-2, с. 350–352. EDN: THBWWD.
- Прокофьева Т. А. (2011) Развитие транспортной-логистической инфраструктуры в азиатской части России – стратегическое направление реализации транзитного потенциала. Вестник транспорта, № 3, с. 11–19. EDN: PUTSEN.
- Прокофьева Т. А., Гончаренко С. С. (2015) Формирование системы национальных и международных транспортных коридоров как фактор развития и интеграции регионов европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока в мировую хозяйственную систему. Современные проблемы использования потенциала морских акваторий и прибрежных зон. Материалы XI международной научной конференции. М., Московский университет им. С. Ю. Витте, с. 69–85. EDN: WOIGCR.
- Савушкин С. А., Цыганов В. В. (2019) Транспортные показатели пространственного развития. XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019. Сборник трудов XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019. М., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, с. 2266–2271. DOI: 10.25728/vspru.2019.2266. EDN: JGNIPD.
- Серова Н. А., Серова В. А. (2021) Транспортная инфраструктура российской Арктики: специфика функционирования и перспективы развития. Проблемы прогнозирования, № 2 (185), с. 142–151. DOI: 10.47711/0868-6351-185-142-151. EDN: JGZPVV.
- Терентьева К. Л. (2016) Инфраструктурное развитие региональных экономических систем: на примере транспортной инфраструктуры Республики Татарстан. Автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Казань, Казан. (Приволж.) федер. ун-т, 24 с.
- Ткаченко В. Я. (2014) Северо-Сибирская магистраль: оценка значимости и эффективности строительства. Экономика железных дорог, № 2, с. 53–59. EDN: RVFFSD.
- Цыганов В. В., Малыгин И. Г. (2021) Модели и методы управления развитием транспортной инфраструктуры макрорегиона. Транспорт России: проблемы и перспективы – 2021. Материалы Международной-научно-практической конференции. СПб., Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, с. 19–25. EDN: NYOBPG.
- Щербанин Ю. А. (2020) К проблеме развития транспортно-логистических мощностей Сибири и Дальнего Востока. Вопросы новой экономики, № 3-4 (55-56), с. 130–137. EDN: VEDIMG.
- Choosakun A., Yeom C. (2021) Developing evaluation framework for intelligent transport system on public transportation in Bangkok metropolitan regions using fuzzy AHP. Infrastructures, no. 6 (12), 182 p.
- Cyril A., Mulangi R. H., George V. (2020) Demand-based model for line planning in public transport. Transportation Research Procedia, no. 48, pp. 2589–2596.

- Longo A., Zappatore M., Navathe S. B. (2019) The unified chart of mobility services: Towards a systemic approach to analyze service quality in smart mobility ecosystem. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, no. 127, pp. 118–133. DOI: 10.1016/j.jpdc.2018.12.009.
- Shiau T.-A., Liu J.-S. (2013) Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies. *Ecological Indicators*, no. 34, pp. 361–371. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.06.001.
- Zou L., Dai H., Yao E., Jiang T., Gou H. (2014) Research on assessment methods for urban public transport development in China. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 41 p., 941347.

## References

- Barchukov A. V. (2008) Zheleznodorozhnyi transport na Dal'nem Vostoke Rossiiskoi Federatsii kak osnova integratsii regionov: uroki Kitaya [Railway Transport in the Russian Far East as a Basis for Regional Integration: Lessons from China]. *The Power and Administration in the East of Russia*, no. 1 (42), pp. 49–54. EDN: IWQTKJ (In Russian).
- Bugromenko V. N. (1987) Transport v territorial'nykh sistemakh [Transport in territorial systems]. Moscow, Nauka Publ., 112 p. (In Russian).
- Choosakun A., Yeom C. (2021) Developing evaluation framework for intelligent transport system on public transportation in Bangkok metropolitan regions using fuzzy AHP. *Infrastructures*, no. 6 (12), 182 p.
- Cyril A., Mulangi R. H., George V. (2020) Demand-based model for line planning in public transport. *Transportation Research Procedia*, no. 48, pp. 2589–2596.
- Davydova O. A. (2021) Organizatsionno-ekonomicheskie mekhanizmy razvitiya transportnoi infrastruktury goroda Moskvy [Organizational and economic mechanisms for the development of the transport infrastructure of Moscow]. *Abstr. Dis. ... Cand. of Econ. Sci. 08.00.05. Moscow, Plekhanov Russian University of Economics*, 25 p. (In Russian).
- Goltz G. A. (1981) Transport i rasselenie [Transport and settlement]. Moscow, Nauka Publishing House, 248 p. EDN: XRQMGF (In Russian).
- Gorchakov Ya. L. (2002) Otsenka transportnoi seti Vostochno-Sibirskogo ekonomicheskogo raiona [Assessment of the transport network of the East Siberian Economic Region]. *Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii – Proceedings of the Irkutsk State Academy of Economics*, no. 4, pp. 34–43. EDN: PJJWSB (In Russian).
- Karapetyants I. V. (2019) Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo i natsional'nye strategii razvitiya transporta v Arktike [International cooperation and national strategies for the development of transport in the Arctic]. *Obozrevatel' – Observer*, no. 3 (350), pp. 78–95. EDN: KTXDZJ (In Russian).
- Kibalov E. B., Komarov K. L., Tkachenko V. Ya. (2000) K voprosu o strategii transportnogo osvoeniya Sibiri na osnove razvitiya oporno zheleznoi dorozhnoi seti [To the question of the strategy of transport development of Siberia based on the development of the backbone railway network]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya – Bulletin of the Siberian State University of Railways*, no. 3, pp. 4–10. EDN: QCTEZN (In Russian).
- Komarov K. L. (2018) Razvitie transportnoi sistemy Sibirskoi konurbatsii [Development of the transport system of the Siberian conurbation]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya – Bulletin of the Siberian State University of Railways*, no. 3 (46), pp. 5–10. EDN: YAATTN (In Russian).
- Komarova T. M. (2002) Transportnaya infrastruktura v sotsial'no-ekonomicheskom razvitii territorii yuga rossiiskogo Dal'nego Vostoka (na primere EAO) [Transport infrastructure in the socio-economic development of the territory of the South of the Russian Far East (on the example of the EAO)]. *Intellektual'nye i informatsionnye resursy i struktury dlya regional'nogo razvitiya [Intellectual and information resources and structures for regional development]*, pp. 149–155 (In Russian).
- Kovaleva E. N. (2010) Metodika opredeleniya pokazatelei transportnogo obespecheniya lokal'nykh ekonomicheskikh sistem [Methodology for determining indicators of transport provision of local economic systems]. *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikatsii – Journal of the University of Water Communications*, no. 4, pp. 109–116. EDN: NDCHEZ (In Russian).
- Kudryavtsev A. M., Rudneva A. M. (2014) Metodika kompleksnoi otsenki effektivnosti funktsionirovaniya transportnoi infrastruktury regiona [Methodology for a comprehensive assessment of the effectiveness of the functioning of the transport infrastructure of the region]. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo – Russian Entrepreneurship*, no. 8 (254), pp. 109–121. EDN: SCBVNT (In Russian).
- Kudryavtsev A. M., Tarasenko A. A. (2014) Metodicheskii podkhod k otsenke razvitiya transportnoi infrastruktury regiona [Methodological approach to assessing the development of transport infrastructure in the region]. *Fundamental'nye issledovaniya – Fundamental Research*, no. 6-4, pp. 789–793. EDN: SWOEFV (In Russian).
- Lavrentiev A. V. (2010) Razvitie transportnykh soobshchenii mezhdru rossiiskim Dal'nim Vostokom i stranami Aziatsko-Tikhookeanskogo regiona (vtoraya polovina 1980-kh-1990-e gody) [Development of transport links between the Russian Far East and the countries of the Asia-Pacific region (the second half of the 1980s-1990s)]. *Gumanitarnye issledovaniya v Vostochnoi Sibiri i na Dal'nem Vostoke – Humanitarian Studies in Eastern Siberia and the Far East*, no. 4 (12), pp. 77–83. EDN: NEAJCL (In Russian).
- Leontiev R. G., Orlov A. L. (2009) Set' avtomobil'nykh dorog Dal'nego Vostoka RF: kharakteristiki, faktory razvitiya [The highway network of the Russian Far East: characteristics, development factors]. *Byulleten' transportnoi informatsii – Bulletin of Transport Information*, no. 1 (163), pp. 4–10. EDN: MGWDYR (In Russian).
- Longo A., Zappatore M., Navathe S. B. (2019) The unified chart of mobility services: Towards a systemic approach to analyze service quality in smart mobility ecosystem. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, no. 127, pp. 118–133. DOI: 10.1016/j.jpdc.2018.12.009.
- Popova N. B., Belonenko G. V. (2014) Ekologo-geograficheskaya kharakteristika zony vliyaniya sukhoputnoi transportnoi sistemy Zapadnoi Sibiri [Ecological and geographical characteristics of the zone of influence of the land transport system of Western Siberia]. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka – Scientific Problems of Transport in Siberia and the Far East*, no. 1-2, pp. 350–352 (In Russian).

- Prokofieva T. A. (2011) Razvitiye transportno-logisticheskoi infrastruktury v aziatskoi chasti Rossii – strategicheskoe napravlenie realizatsii tranzitnogo potentsiala [The development of transport and logistics infrastructure in the Asian part of Russia is a strategic direction for the realization of transit potential]. Vestnik transporta – Bulletin of Transport, no. 3, pp. 11–19. EDN: PUTSEN (In Russian).
- Prokofieva T. A., Goncharenko S. S. (2015) Formirovaniye sistemy natsional'nykh i mezhdunarodnykh transportnykh koridorov kak faktor razvitiya i integratsii regionov evropeiskogo Severa, Sibiri i Dal'nego Vostoka v mirovuyu khozyainstvennyuyu sistemu [Formation of a system of national and international transport corridors as a factor of development and integration of the regions of the European North, Siberia and the Far East into the world economic system]. Sovremennyye problemy ispol'zovaniya potentsiala morskikh akvatorii i pribrezhnykh zon [Modern problems of using the potential of marine waters and coastal zones]. Materials of the XI International Scientific Conference. Moscow, Witte Moscow University, pp. 69–85. EDN: WOIGCR (In Russian).
- Savushkin S. A., Tsyganov V. V. (2019) Transportnye pokazateli prostranstvennogo razvitiya [Transport indicators of spatial development]. XIII Vserossiiskoe soveshchanie po problemam upravleniya VSPU-2019 [XIII All-Russian Meeting on Management Problems of VSPU-2019]. Proceedings of the XIII All-Russian Meeting on Management Problems of VSPU-2019. Moscow, V.A. Trapeznikov Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences, pp. 2266–2271. DOI: 10.25728/vspu.2019.2266. EDN: JGNIPD (In Russian).
- Shiau T.-A., Liu J.-S. (2013) Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies. Ecological Indicators, no. 34, pp. 361–371. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.06.001.
- Shcherbanin Yu. A. (2020) K probleme razvitiya transportno-logisticheskikh moshchnosti Sibiri i Dal'nego Vostoka [On the problem of the development of transport and logistics capacities in Siberia and the Far East]. Voprosy novoi ekonomiki – Questions of the New Economy, no. 3-4 (55-56), pp. 130–137. EDN: VEDIMG (In Russian).
- Serova N. A., Serova V. A. (2021) Transportnaya infrastruktura rossiiskoi Arktiki: spetsifika funktsionirovaniya i perspektivy razvitiya [Transport infrastructure of the Russian Arctic: specifics of functioning and prospects of development]. Problemy prognozirovaniya – Forecasting Problems, no. 2 (185), pp. 142–151. DOI: 10.47711/0868-6351-185-142-151. EDN: JGZPVW (In Russian).
- Terentieva K. L. (2016) Infrastrukturnoe razvitiye regional'nykh ekonomicheskikh sistem: na primere transportnoi infrastruktury Respubliki Tatarstan [Infrastructural development of regional economic systems: on the example of the transport infrastructure of the Republic of Tatarstan]. Abstr. Dis. ... Cand. of Econ. Sci. 08.00.05. Kazan, Kazan (Volga Region) Federal University, 24 p. (In Russian).
- Tkachenko V. Ya. (2014) Severo-Sibirskaya magistral': otsenka znachimosti i effektivnosti stroitel'stva [The North Siberian Railway: assessment of the significance and efficiency of construction]. Ekonomika zheleznykh dorog – Economics of Railways, no. 2, pp. 53–59. EDN: RVFFSD (In Russian).
- Tsyganov V. V., Malygin I. G. (2021) Modeli i metody upravleniya razvitiem transportnoi infrastruktury makroregiona [Models and methods of managing the development of the transport infrastructure of the macroregion]. Transport Rossii: problemy i perspektivy – 2021 [Transport of Russia: problems and prospects – 2021]. Materials of the International Scientific and Practical Conference. St. Petersburg, N.S. Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, pp. 19–25. EDN: NYOBPG (In Russian).
- Vasilevskii L. I. (1971) Gustota seti putei soobshcheniya; Konfiguratsiya transportnykh setei. Transportnaya sistema mira. [Density of the communication network; Configuration of transport networks. The transport system of the world]. Moscow, Transport Publ., pp. 25–37 (In Russian).
- Volodikin P. P. (2021) Perspektivy razvitiya transportnoi sistemy v Dal'nevostochnom regione [Prospects for the development of the transport system in the Far Eastern region]. Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy [Transport and transport-technological systems]. Materials of the International Scientific and Technical Conference. Tyumen, Tyumen Industrial University, pp. 43–46. EDN: GDHYJV (In Russian).
- Zaostrovskikh E. A. (2011) Klyuchevyye problemy razvitiya infrastruktury morskikh portov Dal'nevostochnogo regiona [Key problems of the development of the infrastructure of seaports in the Far Eastern region]. Tamozhennaya politika Rossii na Dal'nem Vostoke – Customs Policy of Russia in the Far East, no. 3 (56), pp. 26–29. EDN: PJURZP (In Russian).
- Zou L., Dai H., Yao E., Jiang T., Gou H. (2014) Research on assessment methods for urban public transport development in China. Computational Intelligence and Neuroscience, 41 p., 941347.

## Информация об авторах

### Виктор Андреевич Благинин

Начальник Управления наукометрии, научно-исследовательской работы и рейтингов.  
Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, РФ. ORCID ID: 0000-0001-5117-4148. E-mail: v.a.blagin@usue.ru

### Елизавета Витальевна Соколова

Специалист Управления наукометрии, научно-исследовательской работы и рейтингов.  
Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, РФ.  
ORCID ID: 0000-0002-4336-5283.  
E-mail: sokolova\_ev@usue.ru

## Autor's information

### Victor A. Blagin

Head of Department of scientometrics, R&D and rankings. Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russian Federation.  
ORCID ID: 0000-0001-5117-4148.  
E-mail: v.a.blagin@usue.ru

### Elizaveta V. Sokolova

Specialist of Department of scientometrics, R&D and rankings. Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russian Federation.  
ORCID ID: 0000-0002-4336-5283.  
E-mail: sokolova\_ev@usue.ru