
Инфраструктура

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ДОСТУПНОСТИ ИНФРАСТРУКТУРЫ

А. В. МАКАРОВ
Ю. Ю. ПОНОМАРЕВ
Д. М. РАДЧЕНКО

Статья структурирует и обобщает способы оценки территориальной доступности с учетом достоинств и недостатков разных методов (оценки на основе физических или финансовых показателей, коэффициенты транспортной доступности инфраструктуры (Энгеля, Гольца), индексы пространственной обеспеченности инфраструктурой, индексы на основе гравитационной модели), а также предлагает структурированный подход к их выбору и использованию в зависимости от конкретной практически решаемой задачи.

Ключевые слова: транспорт, инфраструктура, индекс транспортной доступности, регионы России.
JEL: D24, H54, O18, R41.

Введение

К важнейшей составляющей публичного капитала относят транспортную инфраструктуру, развитие которой повышает доступность территорий, снижает издержки перемещения и производства, «сближает» границы рынков факторов производства (труда, капитала).

Вместе с тем оценка вклада транспортной инфраструктуры в региональное развитие остается достаточно дискуссионным вопросом. С одной стороны, значительная часть исследований эмпирически подтверждает вклад транспортной доступности в рост производительности, ВРП регионов, другая же часть исследований говорит о незначимости или даже отрицательном влиянии транспорта на эти показатели.

Эмпирические исследования показывают различный вклад видов транспорта в экономическое развитие – важны специфика стран, отраслей. В [10] показано, что такой вклад в среднем выше для автомобильных дорог, при-

чем его оценки могут ощутимо различаться. Так, эластичность оказалась выше при изменении транспортного капитала в физических показателях по сравнению с финансовыми. В другом мета-исследовании [5] результаты для Европейского союза оказались на 20% выше, чем для США, – положительная отдача отмечена только для транспортного капитала в физических показателях.

Одновременно возможны негативное влияние инфраструктуры в одном регионе на развитие соседних, иные отрицательные эффекты (экологический ущерб, недофинансирование более приоритетных видов публичного капитала).

Для России изучение проблемы связанности территорий представляет особый интерес. Государством планируются масштабные инвестиции в транспортную инфраструктуру, возрастает потребность в эффективных инструментах для оценки того, как развитие транспорта увеличивает доступность территорий; инстру-

Макаров Андрей Владимирович, научный сотрудник РАНХиГС при Президенте Российской Федерации; преподаватель Департамента прикладной экономики факультета экономических наук НИУ ВШЭ; старший преподаватель Департамента экономической теории Финансового университета (Москва), e-mail: andreymakarovh@mail.ru; Пономарев Юрий Юрьевич, директор Центра пространственной экономики РАНХиГС при Президенте Российской Федерации; старший научный сотрудник Института экономической политики имени Е.Т. Гайдара, канд. экон. наук (Москва), e-mail: ponomarev@ranepa.ru; Радченко Дарья Максимовна, младший научный сотрудник РАНХиГС при Президенте Российской Федерации (Москва), e-mail: radchenko-dm@ranepa.ru

менты оценки должны быть при этом тесно связаны с решаемой практической задачей (повышения транспортной доступности внутри региона, интенсификации межрегиональных связей, стимулирования экспорта и др.).

В настоящей статье предложен вариативный подход к оценке транспортной доступности территорий в зависимости от решаемой задачи. Для основных уровней пространственного агрегирования структурированы существующие или предложены собственные подходы к оценке пространственной доступности и связанности территорий; показано, что результаты подобной оценки могут существенно различаться. В качестве основного объекта анализа выбрана роль автомобильной транспортной доступности.

Методы оценки транспортной инфраструктуры

Можно выделить следующие основные методы оценки транспортной инфраструктуры:

- 1) в финансовых показателях (например, объем инвестиций);
- 2) в физических показателях (протяженность и плотность дорог);
- 3) с помощью коэффициентов оценки транспортной инфраструктуры — например, Энгеля, Гольца, Успенского, Василевского (подробнее см. [2]);
- 4) с помощью индексов территориальной доступности.

Опора на финансовые и на физические показатели развития инфраструктуры может приводить к определенным смещениям в оценке уровня территориальной доступности. В условиях мягких бюджетных ограничений существенные (избыточные) государственные инвестиции в инфраструктуру могут не повышать общественное благосостояние [3]. Для многих видов транспорта отмечается ограниченность эффектов в пространстве — так, дос-

туп к железнодорожной сети возможен только на станциях, а не на всей протяженности линии. При оценке транспортной доступности необходимо учитывать изменения соотношения использования транспортных средств — например, рост доли автомобильных перевозок (гибкий, но относительно дорогой вид транспорта) может способствовать снижению концентрации населения и деловой активности в центральных частях городов за счет повышения доступности товаров и услуг в пригородах. Строительство же новых дорог не всегда приводит к снижению числа участков транспортной сети, работающих в режиме перегрузки. Так, могут иметь место достаточно интересные ситуации, которые иногда обозначают как парадоксы — например, новая автомагистраль сокращает время на перемещение между одними населенными пунктами, но одновременно может снижать доступность других на маршруте с учетом точек доступа на нее¹. Кроме того, увеличение протяженности дорог может не приносить общественных выигрешей — парадокс Браесса (Braess), который заключается в том, что при строительстве дорог на самом деле эффективность транспортной системы может только снизиться².

В основе индексов территориальной доступности лежит концепция учета издержек перемещения; способ учета может быть разным — оценка издержек в стоимостном выражении, либо в виде затрат времени, либо просто на основе протяженности. Следующий шаг — учет «важности» соответствующих территорий. (См. таблицу.)

Минимальное значение *PTC* не будет совпадать с максимальным значением *PP* — это решения разных задач [8].

В самом простом случае индекс доступности может строиться на основе суммирования количества (с учетом их протяженности или без) прямых связей с другими населенны-

¹ Для автомобильных дорог высоких категорий существуют нормативы по частоте строительства въездов и примыканий, а также пересечений на одном уровне с другими автодорогами.

² При наличии множества участников, каждый из которых свободным образом выбирает для себя оптимальный маршрут, итоговый выбор всех участников приводит к огромной загруженности новых трасс.

Подходы к расчету территориальной доступности

Метод	Расчет
Population Potential (<i>PP</i>) (максимум)	$PP_i = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{d_{ij}^x},$ <p>где PP_i – потенциал территории, зависящий от ее связанности с другими территориями с учетом их «веса» M_j (например, объем валовой добавленной стоимости, создаваемой в рамках территории), издержек перемещения в ее рамках (d) и коэффициента функции затухания расстояния (x). Высокое значение PP означает высокую доступность территории [6]</p>
Potential Transport Costs (<i>PTC</i>) (минимум)	$PTC_i = \sum_{j=1}^n M_j D_{ij}^d,$ <p>где PTC_i – потенциальные транспортные издержки, оцениваемые с учетом связанности данной территории с другими территориями с учетом их «веса» M_j, расстояния D и коэффициента, отражающего силу эффекта расстояния (d)</p>

Источник: составлено авторами.

ми пунктами³ даже без учета их значимости. При учете издержек перемещения между населенными пунктами могут использоваться различные способы – учет расстояния, времени перемещения. Широко используется функция временных (t) издержек формата

$$f(t) = \exp(-\beta t), \quad (1)$$

при этом в более узко очерченных географических границах коэффициент влияния временных издержек (β), как правило, имеет более высокие значения (оценки) [11].

Отдельной проблемой становится взвешивание других населенных пунктов при построении индекса. Можно выделить следующие способы [4] их взвешивания – по:

- численности населения городов;
- экономическому потенциалу города или территории;
- количеству реально совершенных путешествий;
- потенциалу транспортного сообщения, пассажиропотока.

При взвешивании исключительно по населению есть риски избыточного учета излишне удаленных крупных населенных пунктов (не

очень важных с точки зрения экономических отношений), что занижает индекс доступности. Взвешивание по количеству поездок граждан может завышать доступность для изолированных территорий (за счет доли путешественников в пригороды).

Совершенствование индексов доступности может происходить по разным направлениям – с учетом стоимости времени для разных социальных групп, более точных оценок пробок, используемых видов транспорта⁴, точек входа⁵, включения экспертных оценок.

Помимо оценки издержек перемещения между зонами отдельной задачей является оценка издержек перемещения внутри зоны (города, региона) – необходим способ оценки внутреннего расстояния. Ниже приводятся способы расчета внутреннего расстояния для территориальной зоны на основе источников (в том числе [7; 9]):

- расчеты на основе расстояния до соседних территорий – например, половина среднего расстояния до соседних государств. Данный подход часто критикуется как упрощенный [7];
- расчеты внутреннего расстояния на основе площади территориальной зоны (*area*).

³ Не учитывается разный экономический потенциал населенных пунктов.

⁴ Так, при перемещении на большие расстояния обычно используется время перемещения с использованием воздушного транспорта; для наименьших расстояний больше подходит время перемещения на автомобильном транспорте, для промежуточных случаев – время перемещения по железным дорогам.

⁵ Важна не просто близость к железным дорогам или речному пути, но доступность точек входа (ж/д станции, порты).

$D_{ij} = K\sqrt{\text{area}/\pi}$ ($K = 0,5$, или 1 , или $0,33$, или $0,67$) [6; 7];

- расстояние между двумя крупнейшими городами, взвешенное по доле населения, модификации;
- внутреннее расстояние с учетом и внутренней площади, и расстояния до других государств, взвешивание по доле населения и ВВП на душу населения [9].

Использование расчетов на основе площади территориальной зоны и радиуса предполагает ее определенные округлые очертания. Такой метод не очень подходит для узких и вытянутых территорий (например, для Чили) – возможно смещение, когда с преобладающим весом учитывается именно доступность внутри территориальной зоны в ущерб иным межрегиональным связям [4]. Можно производить при этом разделение зон не совсем по административным границам, чтобы прийти к более или менее однородным размерам зон. Кроме того, оценка доступности территорий сильно зависит от географических границ, в частности при учете внешней торговли. В [11] показано, насколько сильно могут различаться оценки транспортной доступности территорий при постепенном включении в расчет индексов транспортных связей сначала на внутрирегиональном, потом национальном, а затем и на международном уровне.

Для России индексы территориальной доступности строились не так часто, стоит отметить, например, работы [1; 2].

Оценка уровня развития транспортной инфраструктуры на уровне субъекта РФ

При определении доступности социальной инфраструктуры или при анализе агломерационных процессов может возникнуть задача оценки территориальной доступности именно на уровне региона с учетом конфигурации транспортной сети, конкретного расположения экономических агентов. Это можно сделать:

1) в физических показателях (плотность дорог);

2) с помощью показателей Энгеля, Гольца и их аналогов;

3) с помощью индексов пространственной обеспеченности.

Россия относится к странам с неравномерным территориальным распределением населения, поэтому стандартные линейные показатели развития транспортной инфраструктуры зачастую оказываются здесь малоинформативными. Альтернативой могут выступать индексы пространственной обеспеченности транспортной инфраструктурой (*ИПО*), основанные на оценке доли площади зоны притяжения транспортной инфраструктуры в общей площади региона [2]:

$$ИПО_x = \frac{\sum_i \gamma_i A_i}{A_x}, \quad (2)$$

где γ_i – весовая функция для i -й зоны; A_i – площадь зоны; A_x – площадь региона.

Большее значение индекса свидетельствует о том, что сеть дорог более развита, имеет более разветвленную структуру с более высокой доступностью для пользователей. Под зоной подразумевается область «притяжения» экономической активности на заданном расстоянии от объекта инфраструктуры. Для расчета *ИПО* прилегающая к инфраструктуре территория делится на 10 зон по 5 км каждая, оставшаяся относится к 11-й зоне. Использован линейный вид весовой функции:

$$\gamma_i = 1 - 0,1(i - 1) \text{ для } \{i \in N \mid i \leq 11\}, \quad (3)$$

где i – номер зоны, возрастающий по мере удаления от зоны инфраструктуры, когда теряется ее полезность для пользователя.

В базовой конфигурации (3) такие индексы не позволяют учесть реальное распределение населения и экономической активности. Поэтому был построен модифицированный *ИПО* с учетом доли населения⁶, проживающе-

⁶ Использовались растровые сетки плотности населения, разработанные сервисом WorldPop. URL: <https://www.worldpop.org/>

го в зоне притяжения сети дорог. Индекс показал, что в среднем в России 88,5% (от 62 до 100%) населения регионов проживает в пятикилометровой зоне от дорожной сети. Этот факт иллюстрирует сравнение базового ($ИПО_б$) и модифицированного ($ИПО_м$) индексов. (На рис. 1 приведены регионы, для которых разница между $ИПО_м$ и $ИПО_б$ превышает 0,5, – это регионы со сложными географическими условиями, сырьевой ориентацией.)

Из рис. 2 видно, что все индексы демонстрируют схожие результаты только для крайних точек – труднодоступных регионов, в то время как для большей части территории страны здесь наблюдаются ощутимые расхождения. (Коэффициенты Гольца и Энгеля не учитывают географические особенности местности, а также реальную трассировку и конфигурацию транспортной сети (как и индексы плотности).)

Оценка территориальной доступности с точки зрения межрегиональных связей – гравитационная модель

Если задача, для которой проводится оценка уровня развития инфраструктуры, связана с интенсификацией межрегиональных связей,

то лучше использовать метод индексов территориальной доступности [6; 12], так как он позволяет учесть доступность и внутри субъекта РФ, и с точки зрения издержек торгово-экономических связей между регионами. Индексы доступности (автомобильный и железнодорожный) предложено оценивать как:

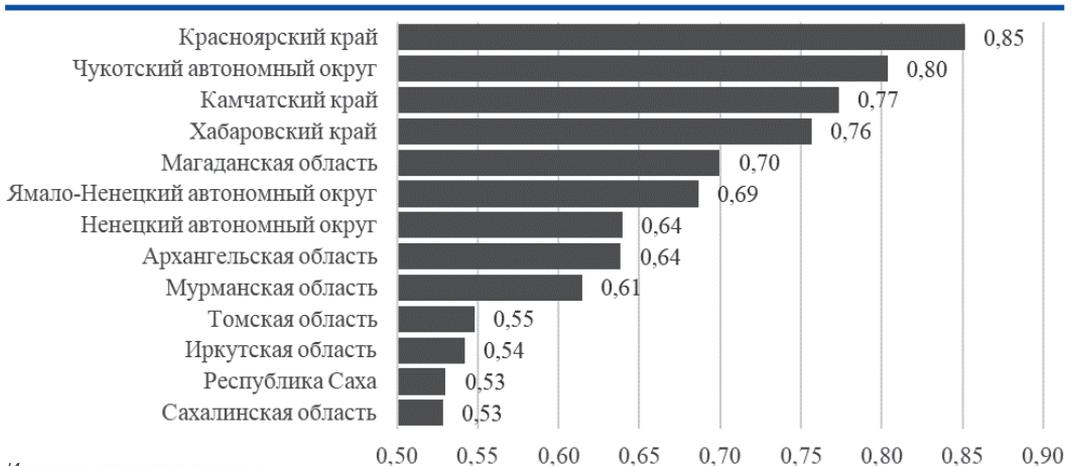
$$ACC_i^{Road} = ACC_{ii}^{Road} + \sum_j ACC_{ij}^{Road} = Share_i \cdot \exp(-\beta_{road} \cdot T_{ii}^{Road}) + \sum_j Share_j \cdot \exp(-\beta_{road} \cdot T_{ij}^{Road}); \quad (4)$$

$$ACC_i^{Rail} = ACC_{ii}^{Rail} + \sum_j ACC_{ij}^{Rail} = Share_i \cdot \exp(-\beta_{rail} \cdot T_{ii}^{Rail}) + \sum_j Share_j \cdot \exp(-\beta_{rail} \cdot T_{ij}^{Rail}), \quad (5)$$

где ACC_i – индекс транспортной доступности, зависящий от транспортной доступности внутри региона (ACC_{ii})⁷ и его транспортной доступности во взаимодействии с другими регионами (ACC_{ij}); $Share_i$ – значимость территориальной связи в рамках взвешивания; T_{ii}^{Road} – время перемещения; β_{road} – коэффициент эффекта временных издержек.

Далее описаны подход и полученные нами на его основе результаты для России.

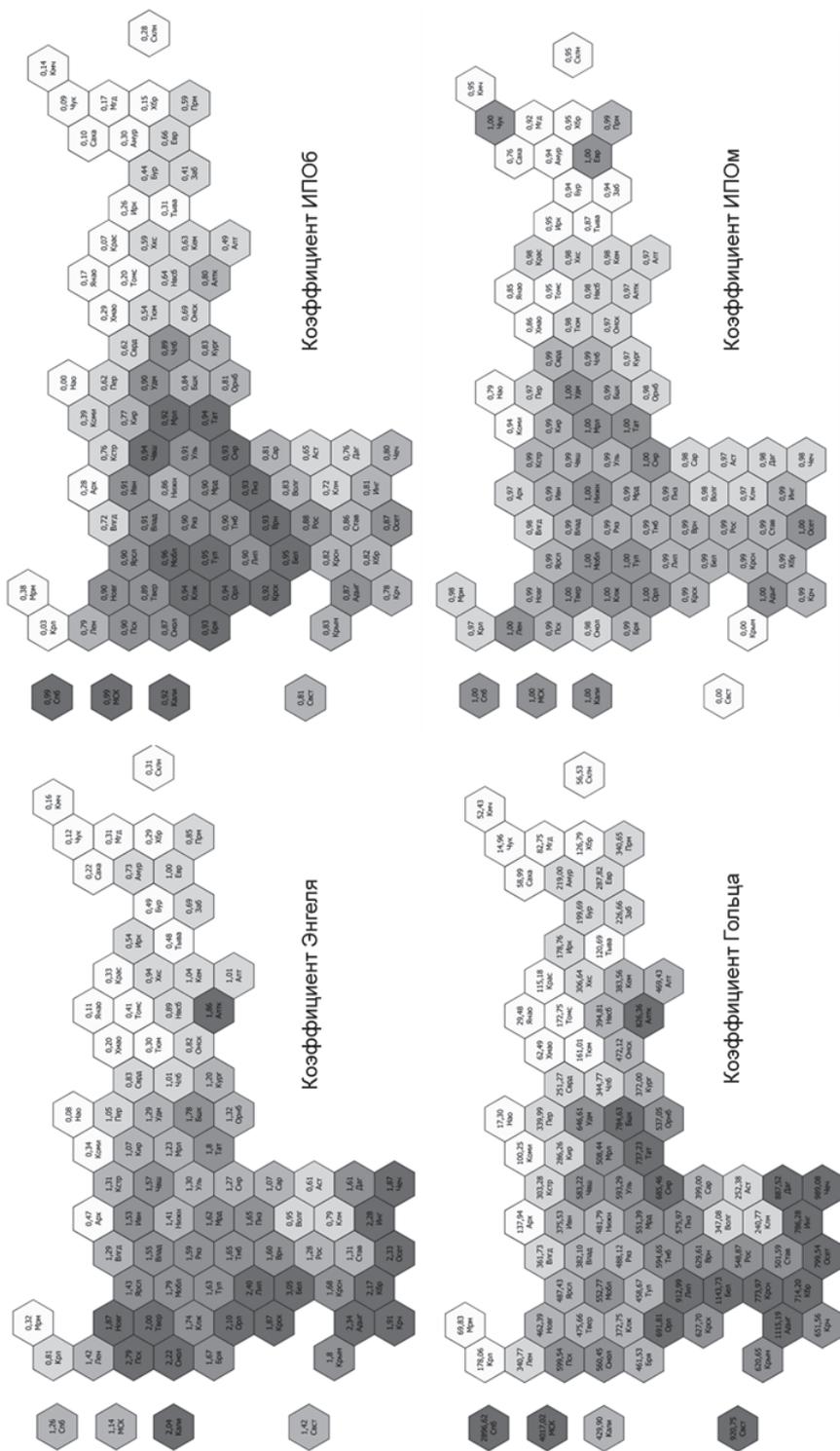
Рис. 1. Сравнение базового и модифицированного ИПО для некоторых регионов (разница между $ИПО_б$ и $ИПО_м$)



Источник: составлено авторами.

⁷ Предполагается, что внутри региона главную роль играет автомобильная доступность.

Рис. 2. Сравнение различных способов оценки пространственной доступности дорожной инфраструктуры по данным за 2016 г.



Примечание. В левой части сегментов рисунка отдельно вынесены гексагоны (сверху вниз): Санкт-Петербург, Москва, Калининградская область, Севастополь.
 Источник: составлено авторами.

1. Рассчитан показатель транспортной доступности внутри зоны:

$$T_{ii} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\frac{A_i}{3,14}\right)^{0,5}}{IS_i} \quad (6)$$

Затраты времени T_{ii} при перемещении внутри зоны рассчитываются с учетом площади A_i и средней скорости перемещения по дорогам IS_i . Для оценки использовались картографические сервисы Google, с помощью которых были подсчитаны расстояния между столицей субъекта РФ и его пятью крупнейшими городами, а также оценки минимального и максимального времени для такого перемещения.

Были рассчитаны четыре варианта показателя средней скорости (IS_i):

а) IS минимальная скорость – расчет на основе максимально возможного указанного времени перемещения (часто это время перемещения в часы пик);

б) IS максимальная скорость;

в) IS средняя скорость – средняя скорость между IS минимальной и максимальной;

г) IS средняя взвешенная скорость – расчет средней скорости для каждой дороги: взвешивание средних скоростей с учетом доли длины дороги в ее суммарной длине.

Были рассчитаны четыре варианта времени перемещения внутри территориальной зоны: T_{ii} минимальное (расчет на основе максимальной скорости), T_{ii} максимальное, T_{ii} среднее, T_{ii} среднее взвешенное.

Необходимые для перемещения между субъектами РФ с использованием автомобильных и железных дорог временные затраты были подсчитаны на основе данных OpenStreetMap.

2. Оценены коэффициенты транспортных издержек β .

Была использована гравитационная модель G_{ij} зависимости грузооборота между территориями от экономического потенциала VRP

и транспортных барьеров (T_{ij} – время перемещения) на основе методологии, представленной в [6; 12]):

$$G_{ij} = VRP_i^{a_i} VRP_j^{a_j} \exp(T_{ij})^{-\beta}; \quad (7)$$

$$\ln G_{ij} = a_i \ln VRP_i + a_j \ln VRP_j - \beta T_{ij}. \quad (8)$$

Использовались данные по объемам грузоперевозок между субъектами РФ (в тыс. т) в разрезе видов транспорта⁸ за период 2010–2016 гг., при этом оценка производилась в рамках четырех регрессий – для автомобильных и ж/д перевозок без учета и с учетом экспортных и импортных грузов⁹.

Оценки коэффициентов оказались достаточно стабильными во времени. Для железнодорожных перевозок β лежит в пределах 0,0162–0,0184, при этом коэффициент возрастает при учете внешней торговли. Для автомобильных перевозок коэффициент лежит в пределах 0,0109–0,0129.

3. Далее была учтена значимость территориальной связи в рамках взвешивания ($Share_j$).

Использовались различные варианты:

- ACC_{pop} – индекс транспортной доступности: взвешивание на основе доли населения региона в общем населении рассматриваемых регионов;
- ACC_{vtr} – на основе доли ВРП;
- $ACC_{vtr-pop}$ – на основе ВРП на душу населения.

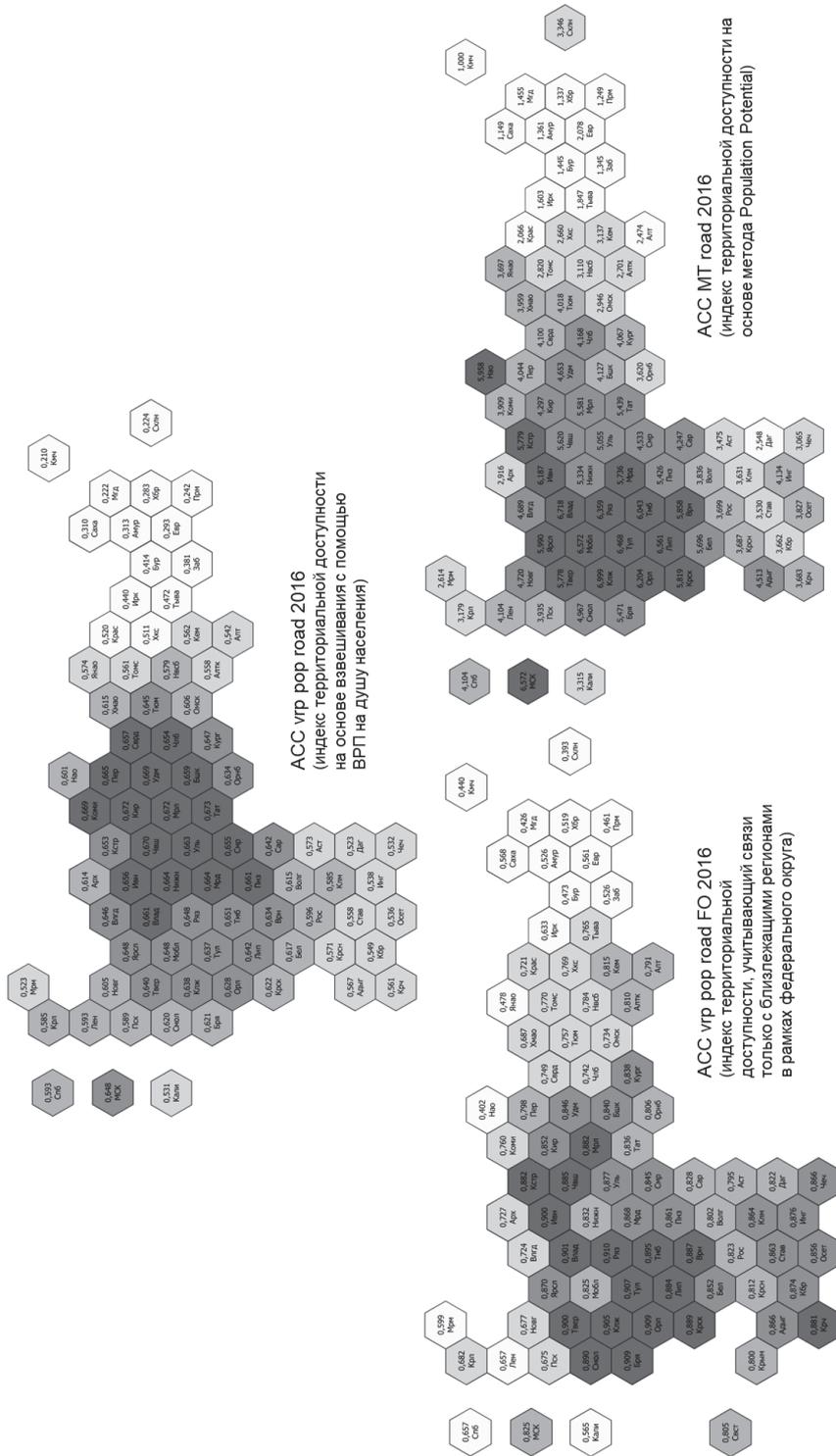
Индексы территориальной доступности ACC – роль географических границ

Рассмотрим три возможных уровня территориальной доступности ACC: территориальную доступность внутри субъекта РФ, доступность с точки зрения связей с другими регионами, доступность с точки зрения внешней торговли.

⁸ Минтранс России, ЕМИСС.

⁹ Для расчетов все значения по грузообороту взяты в логарифмах с добавлением условной единицы для устранения нулевых значений. Исключены регионы, для которых наблюдаются нулевые показатели грузооборота с использованием железнодорожного транспорта. Использованы ошибки в форме Уайта.

Рис. 3. Оценки различных вариантов индексов транспортной доступности по состоянию на 2016 г.



Источник: составлено авторами.

Доступность внутри субъекта РФ

Временные издержки здесь тесно связаны с площадью зоны, с транспортными проблемами. Время перемещения оказалось максимальным для больших регионов Сибири и Дальнего Востока – Якутии (T_{ii} среднее – 7,43), Красноярского края (6,26). Средние значения для всех территорий составили: T_{ii} минимальное – 1,36, T_{ii} максимальное – 1,8, T_{ii} среднее – 1,53, T_{ii} среднее взвешенное – 1,51. При дальнейших расчетах используются индексы транспортной доступности на основе IS средняя скорость¹⁰.

Доступность с точки зрения торгово-экономических связей с другими регионами

Результаты оценки на основе формулы (4) показаны на рис. 3, из которого следует, что самую низкую транспортную доступность ожидаемо продемонстрировали регионы Дальнего Востока и отчасти Сибири из-за значительной удаленности от экономических центров.

В целом индексы транспортной доступности оказались достаточно устойчивы как к использованию различных видов весовых коэффициентов (для ACC_{pop} , ACC_{vtr} , $ACC_{vtr-pop}$ коэффициент корреляции превысил 0,97), так и с точки зрения различных видов транспорта (автомобильного и железнодорожного).

Взвешивание на основе ВРП на душу населения сглаживало оценки – повышение минимальных значений и снижение максимальных, снижение средних значений. Так, для 2016 г. лидерами автомобильной доступности при оценке ACC_{pop} оказались Тамбовская область (0,785), Владимирская и Пензенская области, при оценке $ACC_{vtr-pop}$ – Татарстан (0,673),

Марий Эл, Кировская область. Наименьшую транспортную доступность два индекса показали для Камчатского края, Магаданской и Сахалинской областей.

Для сравнения были рассчитаны еще два варианта: индекс ACC_{mt} (на основе метода Population Potential – взвешивались доли ВРП на душу населения региона, деленные на расстояние до региона¹¹) и индекс территориальной доступности, основанный на связях не со всеми регионами, но только с близлежащими соседями в рамках федерального округа (ACC_{FO})¹². (Результаты показаны на рис. 3, которые могут достаточно существенно различаться в зависимости от используемого метода.)

Доступность с точки зрения внешней торговли

Были рассчитаны также индексы доступности внешней торговли (ACC_{FT}) – модификация формулы (4):

$$ACC_{FT_i}^{Road} = \sum_j Share_j \cdot \exp(-\beta_{road} \cdot T_{ij}^{Road}). \quad (9)$$

Использованы данные по времени перемещения от столицы региона до пункта пропуска на границе (для автотранспорта), в качестве $Share$ взяты экспортные доли (доля продукции, которая поставляется через пункт пропуска). (Результаты расчетов для 2016 г. приведены на рис. 4.)

Наибольший индекс внешнеторговой доступности был зафиксирован у регионов, которые находятся около государственной границы и используемого пункта пропуска. Наименьшие значения индекса доступности приходятся либо на регионы, которые территориально изолированы, либо на те, которые пользуются

¹⁰ Для всех регионов минимальная скорость составила 53,64 км/ч, максимальная – 72,74 км/ч, средняя – 63,19 км/ч, средняя взвешенная – 64,20 км/ч. Среди лидеров по внутренней скорости, во многом благодаря отсутствию пробок, можно назвать Республику Тыва (средняя скорость 80,65 км/ч), Смоленскую область (77,85 км/ч), Псковскую область (76,06 км/ч). Среди регионов с наименьшей внутренней средней скоростью оказались Москва (37,40 км/ч) и Севастополь (24,52 км/ч).

В среднем разница между минимальной и максимальной скоростью составила около 19 км/ч, но в Москве она равнялась 44,10 км/ч, в Санкт-Петербурге – 37,19 км/ч, в Дагестане – 35,72 км/ч, в Нижегородской области – 34,03 км/ч.

¹¹ Индекс для регионов оценивался относительно наименьшего результата (=1).

¹² Взвешивание производилось на основе долей ВРП на душу населения, доли считались относительно соответствующего федерального округа.

отдаленными пунктами пропуска. Например, Кемеровская область экспортировала 39% продукции через Приморье, 29% – через Псковскую область (аналогично, Республика Алтай экспортировала 65% через Приморье). На ситуацию в Красноярском крае оказывал влияние экспорт через Светогорск (Ленинградская область – 24%), Троебортное (Брянская область – 23%). Интересно, что помимо восточных регионов низкая доступность отмечалась у Чувашии – за счет пунктов пропуска в Приморье и Дагестане.

Что касается регионов с высоким индексом доступности – это территории, которые использовали только близлежащие пункты пропуска – например, Северная Осетия (95% проходило через два пункта пропуска в республике), Ингушетия, Приморье, Псков.

Экспортные грузы проходили либо через западные пункты пропуска на границе (Ленинградская область, Псков), либо через юг (Дагестан, Осетия), либо через Приморье; практически не использовались пункты пропуска

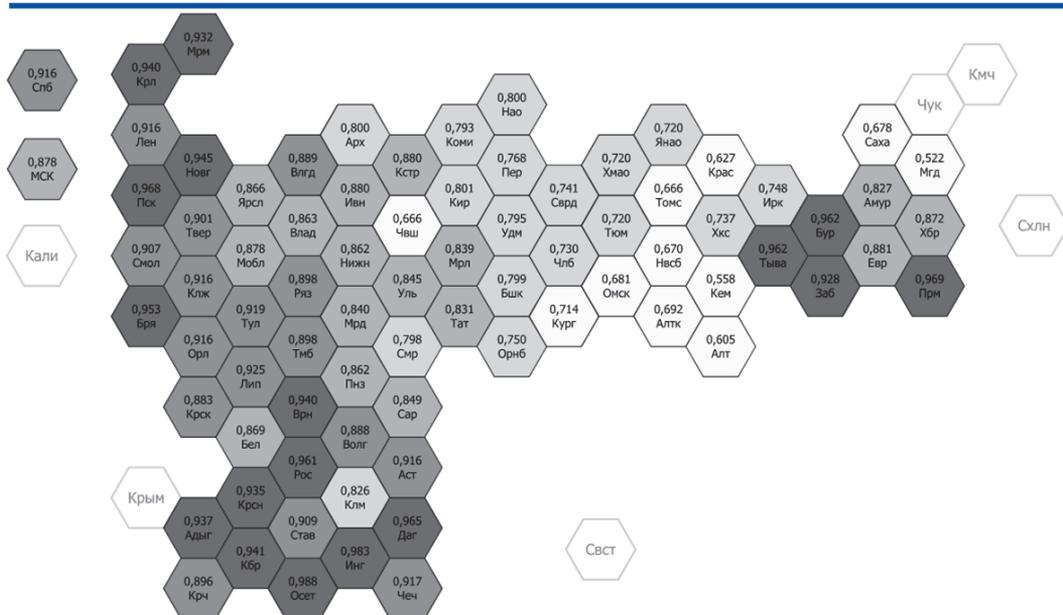
на протяжении от Астрахани до Сибири, наблюдалось мало поставок в Казахстан и Китай. В результате индекс доступности оказался низким у регионов Урала и Сибири.

Заключение

Согласно эмпирическим исследованиям большой вклад в экономическое развитие могут вносить не только классические факторы производства (труд, капитал), но и публичный капитал, к ядру которого относят транспортную инфраструктуру, повышающую пространственную доступность территорий страны.

Вместе с тем существуют различные способы оценки транспортной доступности территорий, что может затруднять принятие практических решений в сфере развития транспортной системы. Это становится особенно актуальным в последние годы, когда государством и на федеральном, и на региональном уровнях планируются и осуществляются значительные инвестиции в транспортную инфраструктуру.

Рис. 4. Индексы доступности регионов России АСС_FT (внешняя торговля)



В статье показано, что простых расчетов на основе физических или финансовых характеристик при рассмотрении данной темы недостаточно — следует каждый раз выбирать конкретный подход и способ оценки доступности транспортной инфраструктуры. Нами предложен структурированный подход к их выбору и использованию в зависимости от решаемой задачи.

Для анализа эффектов от повышения транспортной доступности территорий внутри региона важно учитывать не только конфигурацию транспортной сети, но и конкретное расположение экономических агентов. Для этого нами построен модифицированный индекс пространственной обеспеченности инфраструктурой, который на микроуровне отражает долю населения определенной территории, проживающего в определенной зоне тяготения транспортной инфраструктуры и, таким образом, имеющего к ней доступ. Использование этого показателя позволяет бо-

лее точно отразить уровень развития транспортной инфраструктуры с учетом распределения населения и экономической активности внутри региона.

При решении задач по развитию транспортной системы с точки зрения повышения межрегионального взаимодействия могут быть использованы индексы на основе гравитационной модели, и исследование показало, что результаты оценок в этом случае сильно зависят от учета экспортного потенциала региона. Например, регионы Урала демонстрируют весьма высокую транспортную доступность с точки зрения межрегиональной торговли, но крайне низкую с точки зрения внешней.

Предложенные подходы могут быть использованы как для определения приоритетов государственных инвестиций в транспортную сферу с целью повышения ее доступности, так и при оценке конкурентоспособности предприятий региона с учетом их рынков сбыта. ■

Литература

1. Коломак Е. Неравномерное пространственное развитие в России: объяснения новой экономической географии // Вопросы экономики. 2013. № 2. С. 132–150.
2. Радченко Д., Пономарев Ю. О способах измерения степени развития транспортной инфраструктуры // Пространственная экономика. 2019. Т. 15. № 2. С. 37–74.
3. Синельников-Мурылев С., Кадочников П., Трунин И., Четвериков С., Виньо М. Проблема мягких бюджетных ограничений российских региональных властей: Консорциум по вопросам прикладных экономических исследований. М.: Изд-во Института Гайдара, 2006.
4. Bruinsma F.R., Rietveld P. The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison approaches // Environment and Planning. 1998. No. 30. Pp. 449–521.
5. Elburz Z., Nijkamp P., Pels E. Public infrastructure and regional growth: lessons from meta-analysis // Journal of Transport Geography. 2017. Vol. 100. No. 58. Pp. 1–8.
6. Gutierrez J., Condeco-Melhorado A., Lopez E., Monzon A. Evaluating the European added value of TEN-T projects: a methodological proposal based on spatial spillovers, accessibility and GIS // Journal of Transport Geography. 2011. Vol. 19. No. 4. Pp. 840–850.
7. Head K., Mayer T. Non-Europe: The magnitude and causes of market fragmentation in Europe // Review of World Economics. 2000. No. 136. Pp. 285–314.
8. Isard W., Bramhall D. Gravity, potential and interaction models // In: Methods of regional analysis: an introduction to regional science / Ed. by Isard W. Wiley, 1960.
9. Josic H., Josic M. Alternative measures of internal distance in estimating home bias in trade: the case of Croatia // Economic Research-Ekonomska Istrazivanja. 2016. Vol. 29. No. 1. Pp. 380–394.
10. Melo P., Graham D., Brage-Ardao R. The productivity of transport infrastructure investment: A meta-analysis of empirical evidence // Regional Science and Urban Economics. 2013. Vol. 43. No. 5. Pp. 695–706.
11. Rosik P., Stepniak M., Komornicki T. The decade of the big push to roads in Poland: Impact on improvement in accessibility and territorial cohesion from a policy perspective // Transport Policy. 2015. Vol. 37. January 2015. Pp. 134–146.

12. Yi Y., Kim E. Spatial economic impact of road and railroad accessibility on manufacturing output: inter-modal relationship between road and railroad // *Journal of Transport Geography*. 2018. Vol. 66. January 2018. Pp. 144–153.

References

1. Kolomak E. Uneven Spatial Development in Russia: Explanations of New Economic Geograph // *Voprosy Ekonomiki*. 2013. No. 2. Pp. 132–150.
2. Radchenko D., Ponomarev Yu. About the Measurement of Transport Infrastructure Development // *Spatial Economics*. 2019. Vol. 15. No. 2. Pp. 37–74.
3. Sinel'nikov-Murylev S., Kadochnikov P., Trunin I., Chetverikov S., Vin'o M. The problem of soft budget constraints of the Russian regional authorities. Moscow: Gaidar Institute Publishers, 2006.
4. Bruinsma F.R., Rietveld P. The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison approaches // *Environment and Planning*. 1998. No. 30. Pp. 449–521.
5. Elburz Z., Nijkamp P., Pels E. Public infrastructure and regional growth: lessons from meta-analysis // *Journal of Transport Geography*. 2017. Vol. 100. No. 58. Pp. 1–8.
6. Gutierrez J., Condeco-Melhorado A., Lopez E., Monzon A. Evaluating the European added value of TEN-T projects: a methodological proposal based on spatial spillovers, accessibility and GIS // *Journal of Transport Geography*. 2011. Vol. 19. No. 4. Pp. 840–850.
7. Head K., Mayer T. Non-Europe: The magnitude and causes of market fragmentation in Europe // *Review of World Economics*. 2000. No. 136. Pp. 285–314.
8. Isard W., Bramhall D. Gravity, potential and interaction models // In: *Methods of regional analysis: an introduction to regional science* / Ed. by Isard W. Wiley, 1960.
9. Josic H., Josic M. Alternative measures of internal distance in estimating home bias in trade: the case of Croatia // *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*. 2016. Vol. 29. No. 1. Pp. 380–394.
10. Melo P., Graham D., Brage-Ardao R. The productivity of transport infrastructure investment: A meta-analysis of empirical evidence // *Regional Science and Urban Economics*. 2013. Vol. 43. No. 5. Pp. 695–706.
11. Rosik P., Stepniak M., Komornicki T. The decade of the big push to roads in Poland: Impact on improvement in accessibility and territorial cohesion from a policy perspective // *Transport Policy*. 2015. Vol. 37. January 2015. Pp. 134–146.
12. Yi Y., Kim E. Spatial economic impact of road and railroad accessibility on manufacturing output: inter-modal relationship between road and railroad // *Journal of Transport Geography*. 2018. Vol. 66. January 2018. Pp. 144–153.

Systematization of Approaches to Assessing the Spatial Accessibility of Infrastructure

Andrey V. Makarov – Researcher of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; Lecturer of the Department of Applied Economics, the National Research University Higher School of Economics; Senior Lecturer of the Department of Economic Theory, Financial University (Moscow, Russia). E-mail: andreymakarovh@mail.ru

Yury Yu. Ponomarev – Head of Center for Spatial Economics of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; Senior Researcher of the Gaidar Institute for Economic Policy, Candidate of Economic Sciences (Moscow, Russia). E-mail: ponomarev@ranepa.ru

Daria M. Radchenko – Junior Researcher of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow, Russia). E-mail: radchenko-dm@ranepa.ru

The article structurizes and generalizes the methods of territorial accessibility assessment taking into account the advantages and disadvantages of different methods (assessments based on physical or financial indicators, transport accessibility coefficients of infrastructure (Engel, Goltz), spatial availability indices, indexes based on a gravity model), and also offers a structured approach to their selection and use depending on the specific practical task being solved.

Key words: transport, infrastructure, transport accessibility index, Russian regions.

JEL-codes: D24, H54, O18, R4.