

<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-3>

УДК 338.47, 338.49

JEL O4, R4

О. Ю. Патракеева<sup>а)</sup>  , В. В. Кулыгин<sup>б)</sup> <sup>а, б)</sup> Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

## Пространственный анализ инфраструктурных эффектов экономической динамики регионов России<sup>1</sup>

**Аннотация.** Устойчивое развитие транспортной системы обеспечивает единство экономического пространства, целостность и национальную безопасность страны. Общий подход и гипотеза исследования заключаются в том, что инфраструктура выступает важным фактором благополучия, который приносит региону экономические выгоды и является важной детерминантой социально-экономического роста, при этом ее эффекты распространяются за пределы самого региона. Сочетание эконометрических и геоинформационных подходов позволило провести пространственный анализ влияния фондовооруженности, транспортной и телекоммуникационной инфраструктуры на валовой региональный продукт на душу населения и производительность труда в промышленности, выявить их прямые и косвенные эффекты. Оценки продемонстрировали статистически значимое положительное влияние косвенных эффектов фондовооруженности, индекса развития железных дорог и телекоммуникаций на уровень экономического развития. Вместе с тем отрицательные прямые эффекты показателей железнодорожной инфраструктуры для промышленности указывают на то, что в условиях концентрации экономической активности возрастающая нагрузка на транспортную сеть не соответствует темпам ее физического прироста при сохраняющемся высоком износе. Данный вывод подтверждается отрицательным косвенным эффектом фондовооруженности на производительность труда в промышленности в двух модельных спецификациях при положительном прямом влиянии. Положительные экстерналии телекоммуникаций для экономики возникают за счет обеспечения доступности сетей и информационных ресурсов предприятий и населения, увеличения технологических возможностей и скорости взаимодействия хозяйствующих субъектов. Телекоммуникационная инфраструктура является фактором роста промышленного производства, однако ее отрицательные косвенные эффекты свидетельствуют о том, что регионы, находящиеся в окружении регионов с высокой динамикой распространения мобильной связи, испытывают замедление темпов производительности труда в промышленности. Полученные оценки и наличие пространственной автокорреляции валового регионального продукта на душу населения и производительности труда промышленности важно учитывать при разработке программ финансирования инфраструктурных проектов.

**Ключевые слова:** транспортная инфраструктура, телекоммуникации, внешние эффекты, пространственные модели, конкуренция, экономическая динамика, валовой региональный продукт на душу населения, промышленное производство

**Благодарность:** Разработка алгоритма построения спецификаций моделей выполнена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта 122020100349-6. Разработка программного инструментария выполнена при финансовой поддержке Международного научного фонда экономических исследований академика Н.П. Федоренко. Проект № 2022-137.

**Для цитирования:** Патракеева, О. Ю., Кулыгин, В. В. (2024). Пространственный анализ инфраструктурных эффектов экономической динамики регионов России. *Экономика региона*, 20(3), 642-654. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-3>

<sup>1</sup> © Патракеева О. Ю., Кулыгин В. В. Текст. 2024.

## RESEARCH ARTICLE

Olga Yu. Patrakeeva<sup>a)</sup>  , Valerii V. Kulygin<sup>b)</sup> <sup>a), b)</sup> Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of RAS, Rostov-on-Don, Russian Federation

## Spatial Analysis of Infrastructure Effects of Economic Dynamics in Russian Regions

**Abstract.** Sustainable development of the transport system ensures the economic space unity, integrity and national security. The study hypothesises that infrastructure as an essential factor of well-being brings economic benefits to a region and determines its socio-economic growth, with effects extending beyond the region itself. Econometric and geoinformation methods were combined to conduct a spatial analysis of the impact of the capital-labour ratio, transport and telecommunication infrastructure on gross regional product per capita and labour productivity in industry, as well as to assess direct and spillover effects. The estimates revealed a statistically significant positive spillover effect of the capital-labour ratio, railway and telecommunication development indices on economic development. At the same time, negative direct effects of railway infrastructure indices on industry indicate that, in conditions of concentration of economic activity, the increasing transport system load does not correspond to its physical growth rates under heavy wear. This conclusion is confirmed by a negative spillover effect of the capital-labour ratio on labour productivity in industry in two model specifications with a direct positive effect. Providing access to networks and information resources for enterprises and population, as well as increasing technological capabilities and the speed of interaction between economic entities cause positive externalities of telecommunications for economy. Telecommunication infrastructure is a factor of industrial production growth, however, its negative spillover effects show that regions surrounded by regions with high mobile penetration rate are experiencing a slowdown in labour productivity in industry. The obtained estimates and the spatial correlation between gross regional product per capita and labour productivity in industry should be considered in programmes for financing infrastructure projects.

**Keywords:** transport infrastructure, telecommunication, externalities, spatial models, competition, economic dynamics, gross regional product per capita, industrial output

**Acknowledgments:** An algorithm for constructing model specifications has been developed in accordance with the state assignment to the Southern Scientific Centre of RAS, the state registration No. 122020100349-6. A software tool has been developed with the financial support of the Nikolai Fedorenko International Scientific Foundation for Economic Research, the project No. 2022-137.

**For citation:** Patrakeeva, O. Yu., & Kulygin, V. V. (2024). Spatial Analysis of Infrastructure Effects of Economic Dynamics in Russian Regions. *Ekonomika regiona / Economy of regions*, 20(3), 642-654. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-3>

### Введение

Инфраструктура выступает необходимым условием национального экономического роста. Ее финансирование обеспечивает снижение транспортных издержек, повышение отдачи от капитала и эффективности частных вложений, способствует расширению рынков сбыта, межрегиональной мобильности капитала, рабочей силы, интеллектуальных активов. Эффективно функционирующие транспортные системы, помимо обеспечения торговых потоков и повышения конкурентоспособности отечественных предприятий за счет снижения транспортных издержек, способствуют увеличению факторной производительности. Кроме того, инвестиции в транспортную инфраструктуру рассматриваются как инструмент сокращения межрегиональных диспропорций и укрепления территориальной целостности страны.

В условиях растущего спроса на инфраструктурные инвестиции, вызванного необходимостью «масштабного промышленного рывка»<sup>1</sup> и переориентацией на новые рынки сбыта, Россия сталкивается с серьезными проблемами, связанными с адекватным и справедливым распределением ограниченных ресурсов между различными регионами.

Развитие транспортной инфраструктуры обозначено приоритетной задачей правительства: утвержден пятилетний план, направленный на строительство, реконструкцию и модернизацию федеральных, региональных, межмуниципальных и местных автодорог<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Долженков А. Для пазла чего-то не хватает (2023). Эксперт, 6(1284). <https://expert.ru/expert/2023/06/dlya-pazla-chego-to-ne-khvatayet/> (дата обращения 14.02.2023).

<sup>2</sup> Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 июня 2022 г. № 1601-п. <http://static.government.ru/>

Развитие инфраструктуры позволит поддерживать общую экономическую стратегию. Кроме того, инфраструктурные вложения играют роль замещающего ресурса во время нисходящей фазы инвестиционного цикла у частного бизнеса либо при запуске такого цикла, а также позволяют развивать новые сектора экономики.

Цель представленной статьи – выявление и оценка прямых и косвенных инфраструктурных эффектов развития регионов России с использованием геоэкономических подходов.

### Материалы и методы

Мировые исследования посвящены изучению связи инфраструктуры с факторами экономического роста (Farfadi, 2015), пространственной структурой хозяйственной деятельности (методология новой экономической географии) (Glaeser & Ponzetto, 2018), инновациями (например, (Agrawal et al., 2017)). В научной литературе подробно обсуждается роль инфраструктурного капитала в стимулировании экономического развития (D'Emurget, 2001; Мельников, 2022). Например, в работе (Agenor, 2010) показано, что увеличение доли расходов на инфраструктуру может способствовать переходу от равновесного состояния с низким ростом (с сопутствующими ему низкой производительностью и сбережениями) к устойчивому состоянию с высокими темпами роста экономики. Результаты межстрановых сравнений свидетельствуют о том, что эффективность инвестиций напрямую зависит от грамотных политических решений: простое увеличение государственных инвестиций в транспортную инфраструктуру не приведет к более эффективным результатам при отсутствии надлежащего управления (Kugiasou et al., 2019). На важность учета «взаимосвязи и взаимовлияния между экономикой и транспортной отраслью» при разработке государственной транспортной политики обращают внимание российские ученые (Калинина et al., 2020).

Для оценки эффективности инвестиций в транспортные проекты широко применяется метод DEA (Caufield et al., 2013). Особое внимание уделяется проблеме перерасхода средств на различных этапах жизненного цикла проектов (Cavaliere et al., 2019). Результаты указывают на необходимость принятия более строгих (и объективных) критериев для оценки бюджета проекта и обеспечения его финансового покрытия. Классический подход «затраты – вы-

пуск» (cost-benefit analysis, CBA) обычно применяется для оценки прямых выгод для пользователей, таких как экономия времени в пути и повышение качества транспортных услуг. Однако CBA не учитывает экономические эффекты, связанные с изменением факторной производительности. Эмпирические исследования подтверждают положительную связь между производительностью труда и улучшением транспортной инфраструктуры (например (Melo et al., 2013)).

Распределение инфраструктуры в пространстве является результатом целенаправленного государственного планирования, отражающего стремление использовать преимущества региональной экономической интеграции для повышения благосостояния населения (Felbermayr & Tarasov, 2022).

В соответствии с теорией новой экономической географии существуют два решающих фактора в региональном распределении видов экономической деятельности: транспортные расходы и доходность капитала (Michaels, 2008). Согласно (Arrow & Kruz, 2013), включение показателей инфраструктуры в производственную функцию показывает, что ее расширение напрямую влияет на объем производства и косвенно за счет повышения предельной производительности других факторов производства – труда и капитала.

Перемещение производственных факторов может вызвать как экономический подъем в одних регионах и спад в других, так и появление двустороннего положительного эффекта. В работе (Felbermayr & Tarasov, 2022) отмечается, что оптимальные инвестиции в инфраструктуру определенной территории обусловлены не только местными условиями, но и условиями в других регионах, где востребованы и производятся товары, каналы сбыта которых проходят транзитом через эту территорию. Другими словами, появляются внешние эффекты, или экстерналии. Т.В. Крамин и А.Р. Климанова (Крамин & Климанова, 2019) разработали модель экономического развития регионов России, учитывающую вклад инфраструктурного капитала, измеряемого показателями интенсивности использования информационных и коммуникационных технологий. Показатели транспортной инфраструктуры – протяженность и плотность железных дорог и пр. – были исключены из рассмотрения после выявления статистической незначимости в моделях. При этом гипотеза о влиянии цифрового капитала на экономическое развитие регионов подтвердилась. Однако использован-

ная модель экономического роста Мэнкью – Ромера – Уейла не учитывает территориальной неоднородности и наличия экстерналий. Приведем примеры исследований, учитывающих структуру пространственных связей.

Li J., Wen J., Jiang B. (Li et al., 2017) показано, что расширение транспортного коридора «экономического пояса Шелкового пути» способствует региональному экономическому росту тяготеющих к нему китайских провинций, а также приносит мультипликативный эффект смежным территориям. Кроме того, развитие автомобильного транспорта играет большую роль в продвижении торговли, свободного движения капитала в границах рассматриваемых территорий, в то время как последствия инвестирования в железнодорожный транспорт не столь очевидны.

Ряд научных исследований российских ученых посвящен изучению пространственных эффектов регионального экономического развития. О. Демидова и Э. Камалова выявили положительную связь качества институтов и степени деловой активности региона с его чувствительностью к экстерналиям темпов роста ВРП на душу населения со стороны окружающих его регионов (Демидова & Камалова, 2021). Модели учета совокупной факторной производительности по субъектам России показали преобладание ее межрегиональных переливов (Мясников, 2018). При этом пространственная чувствительность факторной производительности зависит от величины административного центра и от доли кредита в ВРП, но не зависит от плотности занятости региона, уровня его урбанизации, плотности автомобильных дорог и количества предприятий и организаций. Незначимость автомобильной инфраструктуры автор объясняет несоответствием между рыночным экономическим потенциалом территорий и российской дорожной сетью, сложившейся еще в советское время. В то же время Р. М. Мельников отмечает, что регионы со специализацией в области обрабатывающей промышленности в наибольшей степени выигрывают от реализации программ развития транспорта. Кроме того, выполненные им расчеты подтверждают положительное влияние инфраструктуры мобильной связи и интернета на динамику экономического роста в регионах, специализирующихся на сфере услуг (Мельников, 2022).

Новизна исследования заключается в построении моделей, учитывающих не только такие физические показатели, как плотность дорог, но и уровень развития транспортной ин-

фраструктуры. Статистическая база исследования представлена данными по субъектам России<sup>1</sup> за 2014–2020 гг., источники информации – сборники Федеральной службы государственной статистики, находящиеся в открытом доступе<sup>2</sup>.

Сформулируем гипотезы исследования:

1. Традиционные элементы инфраструктурного капитала (плотность автомобильных и железных дорог, число абонентских станций, подключенных к сетям подвижной радиотелефонной связи) оказывают положительное влияние на ВРП на душу населения и производительность труда в промышленности; уровни развития авто- и железнодорожной инфраструктуры, (рассчитанные по формулам (1) и (2), см. ниже) влияют на экономическое развитие регионов.

2. Существуют пространственные внешние эффекты экономического развития, связанные с уровнем обеспеченности внутрирегиональной инфраструктурой.

Для проверки гипотез на панельных данных будут построены модели панельных данных с фиксированными и временными эффектами с учетом пространственного регионального влияния.

### Модели экономической динамики

Показателями количественного анализа уровня развития транспортной инфраструктуры выступают дорожные характеристики, пропускная способность и скоростные возможности элементов транспортной сети, а показателями качественного развития – качество и сервисные возможности объектов транспортной инфраструктуры, а также инновационные транспортные технологии (Pugachev et al., 2018). Однако возможности исследования ограничиваются доступностью и полнотой данных, предоставляемых службой статистики в открытом доступе. В качестве основных физических измерителей транспортной сети нами выделены плотность железнодорожных путей общего пользования и плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием. Поскольку инфраструктурная обеспеченность неразрывно связана не только с транспортом, но и телекоммуникациями, в каче-

<sup>1</sup> В Архангельскую область включен Ненецкий автономный округ, в Тюменскую – Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа

<sup>2</sup> Регионы России. Социально-экономические показатели. Сборник. Стат. сб. <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения 12.01.2023).

стве дополнительного измерителя инфраструктуры включим абонентские станции, подключенные к сетям подвижной радиотелефонной связи. Для расчета обеспеченности регионов дорожной сетью рассчитаем индикатор развития автомобильных дорог (1) и индикатор развития железных дорог (2), учитывающие географическую и экономическую неоднородности регионов:

$$I_{Auto} = \frac{L_{auto}}{\sqrt[3]{S \cdot P \cdot T_{auto}}}; T_{auto} = TC_{auto} + \alpha \cdot TP_{auto}, \quad (1)$$

$$I_{Railw} = \frac{L_{railw}}{\sqrt[3]{S \cdot P \cdot T_{railw}}}; T_{railw} = TC_{railw} + \alpha \cdot TP_{railw}, \quad (2)$$

где  $S$  — площадь территории региона, км<sup>2</sup>;  $P$  — среднегодовая численность населения, чел.;  $L_{auto} / L_{railw}$  — протяженность автомобильной / железнодорожной сети, км;  $T_{auto} / T_{railw}$  — объем перевозок по автомобильным / железным дорогам, млн т;  $TC_{auto} / TC_{railw}$  — объем перевозок грузов автотранспортом / железнодорожным транспортом в регионе, млн т;  $TP_{auto} / TP_{railw}$  — объем перевозок пассажиров автотранспортом / железнодорожным транспортом в регионе, млн чел.;  $\alpha$  — коэффициент перевода объемов перевозок пассажиров в млн т. Коэффициент  $\alpha$  принят равным 0,09 (Мыслякова et al., 2021). Предложенные нами индикаторы являются модификацией прокси-индикатора, описанного А.Г. Исаевым (Исаев, 2015), и коэффициента Василевского и представляют собой плотности авто- и железных дорог, учитывающие нагрузку на инфраструктуру с точки зрения численности проживающего населения, объема грузо- и пассажироперевозок.

Для ответа на вопрос, является ли инфраструктура фактором, способствующим экономическому развитию, в вектор объясняющих переменных были включены показатели развития транспорта и телекоммуникаций. Поскольку для исключения корреляции масштабов и обеспечения сопоставимости данных по субъектам страны результирующими переменными выбраны валовой региональный продукт на душу населения и производительность труда в промышленности, логично считать факторами экономической динамики не основные фонды и численность занятых, а общую фондовооруженность экономики и фондовооруженность промышленности.

Проведение пространственного анализа имеет смысл только в случае, если наборы наблюдаемых значений ВРП на душу населения

и производительности труда в промышленности являются пространственно автокоррелированными. В случае подтверждения следует учитывать положение каждого региона и его взаимодействие с соседствующими регионами. Для представления пространственной структуры данных используются экзогенно заданные матрицы пространственных весов. Математически доказано, что в случае анализа кросс-секционных данных смещение оценок коэффициентов возникает из-за неверной взвешивающей матрицей (Семерикова & Демидова, 2015). Для проверки устойчивости результатов применим две матрицы — нормированную матрицу соседства ( $w^c$ ) и матрицу обратных расстояний ( $w^d$ ), элементы которой рассчитаны по линии, соединяющей центры регионов.

В случае подтверждения пространственной зависимости существует ряд пространственных моделей, основными из которых являются SAR (модель пространственного лага) и SEM (модель пространственной ошибки).

Рассматриваемая нами базовая регрессионная модель является расширенной агрегированной производственной функцией Кобба – Дугласа за счет включения переменных инфраструктуры. Логарифмирование обеих частей модели позволит перейти к линеаризованным выражениям, коэффициенты которых могут быть оценены стандартными эконометрическими методами. Для получения достоверных результатов необходимо учесть наличие индивидуальных региональных эффектов, в противном случае оценки коэффициентов при регрессорах могут оказаться смещенными. Оценим модели с фиксированными региональными и временными эффектами в рамках четырех спецификаций. Первая спецификация в рамках SAR имеет вид (3):

$$\ln y_{it} = \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} \ln y_{jt} + \beta_1 \ln x_{it} + \beta_2 \ln Auto_{it} + \beta_3 \ln Railw_{it} + \beta_4 \ln Mobile_{it} + \mu_i + c_t + \varepsilon_{it}, \quad (3)$$

где  $y_{it}$  — валовой региональный продукт на душу населения в регионе  $i$  в году  $t$ , тыс. руб.;  $x_{it}$  — фондовооруженность экономики, тыс. руб.;  $Auto_{it}$  — плотность автодорог общего пользования с твердым покрытием, км путей на 1000 км<sup>2</sup> территории в регионе  $i$  в году  $t$ ;  $Railw_{it}$  — плотность железнодорожных путей общего пользования, км на 10000 км<sup>2</sup> территории в регионе  $i$  в году  $t$ ;  $Mobile_{it}$  — число абонентских станций, подключенных к сетям подвижной радиоте-

лефонной связи, на 1000 чел. населения в регионе  $i$  в году  $t$ ;  $\mu_i$  — региональный фиксированный эффект;  $c_t$  — временные эффекты,  $\epsilon_{it}$  — ошибка регрессии;  $w_{ij}$  — пространственная матрица,  $\rho$  — пространственный коэффициент корреляции.

Первая спецификация в рамках SEM имеет вид (3')

$$\ln y_{it} = \beta_1 \ln x_{it} + \beta_2 \ln \text{Auto}_{it} + \beta_3 \ln \text{Railw}_{it} + \beta_4 \ln \text{Mobile}_{it} + \mu_i + c_t + \epsilon_{it} \quad (3')$$

$$\epsilon_{it} = \lambda \sum_{i \neq j} w_{ij} \epsilon_{it} + \epsilon_{it}$$

где  $\lambda$  — пространственный коэффициент.

Вторая спецификация в рамках SAR имеет вид (4)

$$\ln y_{it} = \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} \ln y_{jt} + \beta_1 \ln x_{it} + \beta_2 \ln I\_Auto_{it} + \beta_3 \ln I\_Railw_{it} + \beta_4 \ln \text{Mobile}_{it} + \mu_i + c_t + \epsilon_{it}, \quad (4)$$

где  $I\_Auto_{it}$  — индикатор развития автодорог в регионе  $i$  в году  $t$ ;  $I\_Railw_{it}$  — индикатор развития железных дорог в регионе  $i$  в году  $t$ .

Вторая спецификация в рамках SEM имеет вид (4')

$$\ln y_{it} = \beta_1 \ln x_{it} + \beta_2 \ln I\_Auto_{it} + \beta_3 \ln I\_Railw_{it} + \beta_4 \ln \text{Mobile}_{it} + \mu_i + c_t + \epsilon_{it} \quad (4')$$

Третья спецификация в рамках SAR имеет вид (5)

$$\ln \text{Ind}_{it} = \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} \ln \text{Ind}_{jt} + \beta_1 \ln x_{it}^{\text{ind}} + \beta_2 \ln \text{Auto}_{it} + \beta_3 \ln \text{Railw}_{it} + \beta_4 \ln \text{Mobile}_{it} + \mu_i + c_t + \epsilon_{it} \quad (5)$$

где  $\text{Ind}_{it}$  — производительность труда в промышленности, тыс. руб. в регионе  $i$  в году  $t$ ;  $x_{it}^{\text{ind}}$  — фондовооруженность труда в промышленности, тыс. руб. в регионе  $i$  в году  $t$ .

Третья спецификация в рамках SEM имеет вид (5')

$$\ln \text{Ind}_{it} = \beta_1 \ln x_{it}^{\text{ind}} + \beta_2 \ln \text{Auto}_{it} + \beta_3 \ln \text{Railw}_{it} + \beta_4 \ln \text{Mobile}_{it} + \mu_i + c_t + \epsilon_{it} \quad (5')$$

Четвертая спецификация в рамках SAR имеет вид (6)

$$\ln \text{Ind}_{it} = \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} \ln \text{Ind}_{jt} + \beta_1 \ln x_{it}^{\text{ind}} + \beta_2 \ln I\_Auto_{it} + \beta_3 \ln I\_Railw_{it} + \beta_4 \ln \text{Mobile}_{it} + \mu_i + c_t + \epsilon_{it} \quad (6)$$

Четвертая спецификация в рамках SEM имеет вид (6')

$$\ln \text{Ind}_{it} = \beta_1 \ln x_{it}^{\text{ind}} + \beta_2 \ln I\_Auto_{it} + \beta_3 \ln I\_Railw_{it} + \beta_4 \ln \text{Mobile}_{it} + \mu_i + c_t + \epsilon_{it} \quad (6')$$

Для проверки гипотезы об отсутствии мультиколлинеарности между независимыми переменными проведен расчет фактора инфляции вариации  $VIF$ , значения которого не превышают 10, что позволяет принять гипотезу (табл. 1).

Гипотезу о наличии пространственной неоднородности ВРП на душу населения и производительности труда в промышленности проверим с помощью индекса Морана. Значения индексов для этих переменных указывают на существование пространственной автокорреляции в рамках рассматриваемого временного интервала как при использовании матрицы смежности ( $w^c$ ), так и матрицы обратных расстояний ( $w^d$ ) (табл. 2).

Индексы Морана значимы для обоих показателей для каждого периода времени. Следовательно, применение классических подходов к построению регрессии нецелесообразно, поскольку приведет к получению смещенных МНК-оценок. Однако индекс Морана не указывает направление корреляции — среди лагов или ошибок. Выбор модели SAR или SEM обусловлен значениями множителей Лагранжа (табл. 3).

Таблица 1

Значения показателя VIF для вариантов моделей

Table 1

VIF indicators for model variants

Регрессии с валовым региональным продуктом на душу населения (lnY)				Регрессии с производительностью труда в промышленности (lnInd)			
Переменная	VIF-тест	Переменная	VIF-тест	Переменная	VIF-тест	Переменная	VIF-тест
lnx	1,45	lnx	1,42	lnx <sup>ind</sup>	1,73	lnx <sup>ind</sup>	1,69
lnAuto	4,98	lnI_Auto	1,50	lnAuto	5,74	lnI_Auto	1,80
lnRailw	4,32	lnI_Railw	1,07	lnRailw	4,44	lnI_Railw	1,06
lnMobile	1,13	lnMobile	1,08	lnMobile	1,11	lnMobile	1,06

Таблица 2  
Индексы Морана результирующих показателей  
Table 2

Global Moran's I of the resulting indicators

Год	lnY		lnInd	
	$w^c$	$w^d$	$w^c$	$w^d$
2014	0,42	0,12	0,24	0,09
2015	0,43	0,13	0,20	0,08
2016	0,44	0,12	0,29	0,13
2017	0,43	0,12	0,43	0,20
2018	0,42	0,12	0,43	0,20
2019	0,44	0,12	0,46	0,22
2020	0,47	0,13	0,43	0,19

Примечание: значимость на уровне  $p < 0,00001$

Для всех спецификаций робастные оценки множителей значимы (Robust LM (lag) и Robust LM (error)), поэтому возможно применить обе пространственные модели. Однако в долгосрочном периоде региональные внешние эффекты обусловлены, прежде всего, технологической диффузией и движением материальных потоков. При этом внешние эффекты, вызванные экономическими шоками, вносят незначительный вклад в экономическое развитие (Гафарова, 2017). По мнению В. Fingleton, E. Lopez-Vazo, предпочтительнее использовать модели пространственного лага (SAR, SDM), нежели модели пространственной ошибки (SEM, SAC) (Fingleton & Lopez-Vazo, 2006). Кроме того, применение SAR позволяет оценить внешние эффекты факторов, включенных в модель. Поскольку цель работы заключается в изучении пространственных взаимодействиях зависимых переменных, для дальнейшего анализа будем использовать SAR. Оценки моделей с фиксированными региональными и временными эффектами, построенными с использованием матриц  $w^c$  и  $w^d$  представлены в таблице 4.

Значимость регрессоров и направление связи с результирующими переменными устойчивы относительно выбора простран-

ственной матрицы. Значение пространственного лага для ВРП на душу населения большее нуля свидетельствует о положительной связи уровня экономического развития в одном регионе с экономическим развитием в соседствующих субъектах. Однако для промышленного производства имеет место отрицательная зависимость, т. е. имеет место эффект межрегиональной конкуренции за ресурсы развития отрасли.

### Результаты

Отсутствие влияния переменной *Auto* и отрицательное воздействие *Railw* на производительность труда в промышленности объяснимо тем, что железные и автодороги как материальные активы конкурируют за инвестиции для развития с капиталоемкими и высокотехнологичными видами деятельности. Более того, имеют место конкуренция и между видами транспорта и функциональное замещение элементов инфраструктуры. Так, бытовые и деловые поездки могут быть заменены эффективно функционирующими системами связи.

Недоинвестирование транспортировки и хранения (код ОКВЭД2 – Н) подтверждает значение индекса инвестиций в основной капитал, составившего в 2021 г. относительно 2014 г. 89 %, в то время как в деятельности в области информации и связи – 428,4 % для того же периода. Доля грузооборота железнодорожного и автомобильного транспорта в совокупном грузообороте за период 2004–2021 гг. выросла с 43,5 % до 51,3 %. Соответственно, увеличилась нагрузка на инфраструктуру. При этом степень износа основных фондов транспорта остается на достаточно высоком уровне. Фонды, относящиеся к категории «сооружения», непосредственно характеризующую инфраструктурную составляющую сектора, по данным на 2021 г. имели износ 54,7 %.

Таблица 3  
Результаты тестов множителей Лагранжа

Table 3

Lagrange multiplier test results

Тест	Спецификация 1		Спецификация 2		Спецификация 3		Спецификация 4	
	$w^c$	$w^d$	$w^c$	$w^d$	$w^c$	$w^d$	$w^c$	$w^d$
LM lag	380,28***	672,79***	353,82***	604,53***	2,462	0,371	3,027*	0,159
Robust LM (lag)	275,09***	1809,5***	266,69***	1768,2***	10,269***	5,296**	11,019***	4,239**
LM error	111,07***	112,14***	97,976***	94,423***	19,072***	14,453***	15,696***	9,259***
Robust LM (error)	5,872**	1248,8***	10,843***	1238,1***	26,879***	19,379***	23,688***	13,339***

Примечание: \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$ ; отсутствие верхнего индекса свидетельствует о незначимости оценки

Таблица 4  
Оценки моделей SAR  
Table 4  
Estimates of SAR models with fixed effects

Переменные	$w^c$	$w^d$
Спецификация 1		
<i>spatial</i> $\rho$	0,409***	0,644***
<i>lnx</i>	0,147***	0,166***
<i>lnAuto</i>	-0,127	-0,056
<i>lnRailw</i>	-0,034	0,051
<i>lnMobile</i>	0,071**	0,075**
Спецификация 2		
<i>spatial</i> $\rho$	0,396***	0,649***
<i>lnx</i>	0,143***	0,164***
<i>lnI_Auto</i>	0,015	0,044
<i>lnI_Railw</i>	0,046***	0,048***
<i>lnMobile</i>	0,073**	0,079**
Спецификация 3		
<i>spatial</i> $\rho$	-0,250***	-0,727***
<i>lnx<sup>ind</sup></i>	0,294***	0,294***
<i>lnAuto</i>	-0,125	-0,164
<i>lnRailw</i>	-1,457*	-1,582**
<i>lnMobile</i>	0,331**	0,343**
Спецификация 4		
<i>spatial</i> $\rho$	-0,261***	-0,752***
<i>lnx<sup>ind</sup></i>	0,321***	0,323***
<i>lnI_Auto</i>	0,157	0,118
<i>lnI_Railw</i>	-0,184**	-0,200**
<i>lnMobile</i>	0,325**	0,334**

Примечание: \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*  $p < 0,1$ ; отсутствие верхнего индекса свидетельствует о незначимости оценки

Логично, что и коэффициенты при плотности и индикаторе развития железных дорог (*lnRailw* и *lnI\_Railw*) для промышленности как основной грузосоздающей отрасли отрицательны: возрастающая нагрузка на дорожную сеть не соответствует темпам физического прироста протяженности при сохраняющемся высоком износе существующей инфраструктуры (рис. ).

Значимое положительное воздействие телекоммуникаций на общеэкономическую динамику и производительностью труда в промышленности можно объяснить высокой эффективностью сектора «деятельность в области информации и связи» (код ОКВЭД2 – J) относительно сектора «транспортировки и хранения» (код ОКВЭД2 – H): индекс производительности труда в которых в 2021 г. относительно 2012 г. составил 120,8 % и 98,1 % соответственно. Безусловно, в 2020 г. причиной спада в транспортной сфере стала пандемия коронавируса и соответствующие ограничения на передвижения. Но и при условии даже самого высокого ежегодного прироста производительности

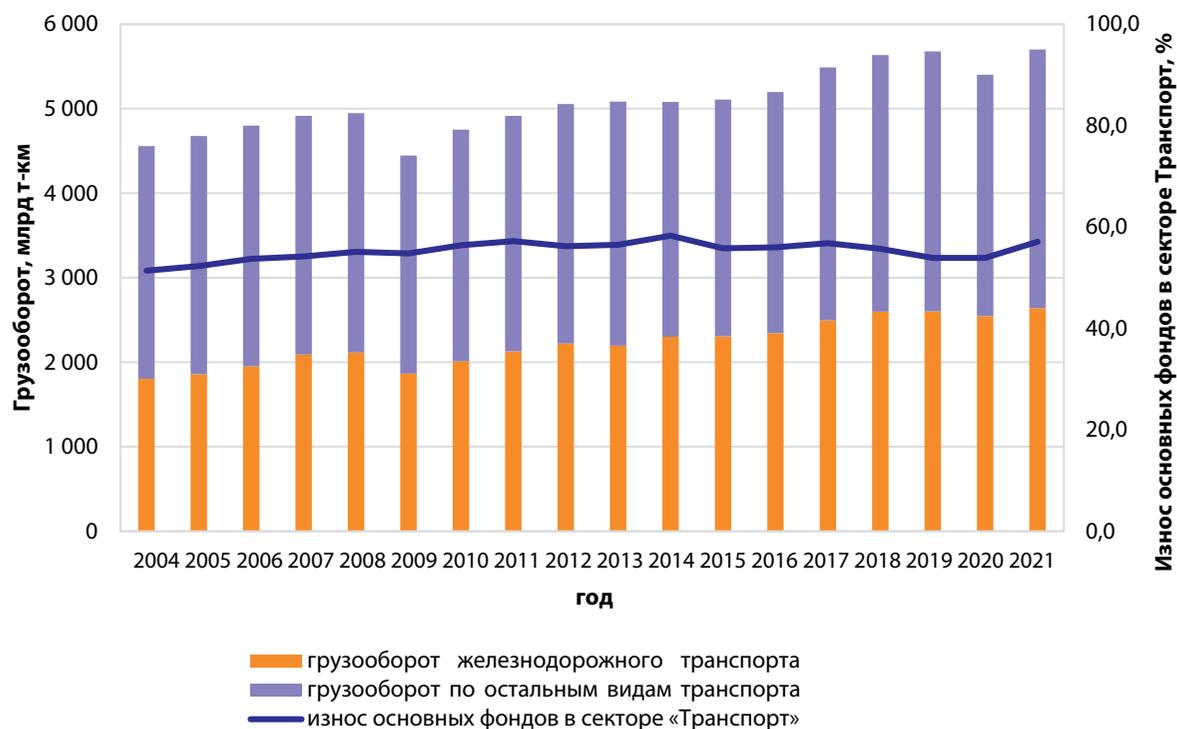
сти в 2 % – 3 % индекс за 2012–2021 гг. не превысил бы 111,4 – 112,5 %.

В настоящее время доля инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства составляет 36,5 %, для сравнения в 2000 г. – 36,6 %, пик значения показателя приходился на 2004–2006 гг. – 40 % – 41 %. Как справедливо отмечает А.А. Широков, положительные темпы экономического роста могут быть реализованы при насыщении оборудованием предприятий, и только в этом случае инфраструктурные проекты дадут импульс развитию регионов их локации<sup>1</sup>. И в данном контексте наше предположение о конкуренции за инвестиционные ресурсы находит подтверждение. В связи с этим расширение и модернизация транспортной инфраструктуры станут фактором экономического развития при условии докапитализации промышленных предприятий.

Как отмечалось выше, наличие в модели SAR пространственного лага позволяет оценить прямые и косвенные эффекты, генерируемые фондовооруженностью и инфраструктурой. В рамках таких моделей изменение регрессора на одну единицу дает лишь часть изменения результирующей переменной, дополнительное изменение обусловлено динамикой соседних регионов. Таким образом, общий эффект изменений регрессора складывается из прямого влияния в регионе  $i$  и косвенного воздействия, обусловленного соседними значениями. Теоретические основания для интерпретации эффектов путем преобразования пространственной весовой матрицы рассмотрены в работе (Wang, 2014). Результаты в случае матрицы  $w^c$  приведены в таблице 5.

Анализ показал, что автомобильные дороги не являются фактором роста производительности в регионах России. Положительный прямой и косвенный эффекты *lnI\_Railw* (0,048 и 0,028 соответственно) для общеэкономического развития, косвенные эффекты *lnRailw* (0,311) и *lnI\_Railw* (0,041) для промышленности свидетельствуют о том, что модернизация дорожной сети снижает транспортные расходы, способствует расширению внутреннего рынка и развитию межрегиональных торговых связей, а также приводит к социальным эффектам за счет улучшения доступности поездок. Негативные эффекты в целом по стране *lnRailw* (-1,476) и *lnI\_Railw* (-0,186) для производительности труда в промышленности свя-

<sup>1</sup> Ивантер А. С инвестициями история запутана, как детектив (2023). Эксперт. 15(1293). <https://expert.ru/expert/2023/15/s-investitsiyami-istoriya-zaputana-kak-detektiv/> (дата обращения: 17.04.2023).



**Рис.** Показатели нагрузки на транспортную сеть (источник: составлено авторами по данным: Транспорт в России. 2022: Стат. сб. (2022). Росстат. М., 101 с.; Основные фонды и другие нефинансовые активы. Федеральная служба государственной статистики. <https://rosstat.gov.ru/folder/14304>)

**Fig.** Indicators of the transport system load

заны с тем, что ранее созданные масштабные транспортные узлы, укрепляя статус индустриально развитых регионов, концентрируют экономическую активность в отсутствие сопоставимых проектов комплексного освоения территорий. При этом наблюдается связанный процесс опережающей нагрузки на транспортную сеть при сохраняющемся высоком износе. Данный вывод подтверждается отрицательным косвенным эффектом фондовооруженности на производительность труда в отрасли в обеих спецификациях ( $-0,063$  и  $-0,071$ ), при положительном прямом влиянии ( $0,298$  и  $0,325$ ). В целом выявленные отрицательные экстерналии показателя фондовооруженности свидетельствуют о концентрации факторов производства (основных фондов, трудовых ресурсов) в более развитых регионах.

Положительные внешние эффекты телекоммуникаций для среднелюшевого ВРП ( $0,046$  и  $0,045$ ) возникают за счет обеспечения доступности информационных ресурсов, увеличения технологических возможностей и скорости взаимодействия хозяйствующих субъектов. При этом прямые эффекты для промышленности ( $0,336$  и  $0,330$ ) значительно выше, чем для экономики в целом ( $0,074$  и  $0,076$ ). Этот факт представляет интерес: результаты Е. А. Коломак, полученные

по данным за 1999–2007 гг. показали незначительность мобильной связи для промышленного производства (Коломак, 2011). Следовательно, за последнее десятилетие доступ предприятий к эффективным коммуникациям превратился в фактор, влияющий на продуктивность за счет увеличения технических возможностей. Особую значимость этот фактор приобретает для горнодобывающего сектора, особенностью которого является территориальная разбросанность производственных объектов и управленческих подразделений (Сергиенко, 2011). Отрицательные косвенные эффекты телекоммуникаций ( $-0,071$  и  $-0,072$ ) свидетельствуют о том, что регионы, находящиеся в окружении регионов с высокой динамикой распространения мобильной связи, испытывают замедление темпов производительности труда в промышленности.

Косвенные эффекты связаны с перемещением факторов производства между регионами и для каждой переменной выражены в меньшей степени, чем прямые. Если ранжировать переменные в порядке уменьшения выраженности экстерналий, то для экономики в целом на первом месте получаем фондовооруженность труда, на втором – обеспеченность телекоммуникациями, на третьем – индекс развития железнодорожной инфраструк-

Таблица 5

Прямые и косвенные эффекты переменных моделей SAR (wc)

Table 5

Direct and spillover effects estimated by SAR models (wc)

Переменные	lnY		lnInd		Переменные	lnY		lnInd	
	прямые	косвенные	прямые	косвенные		прямые	косвенные	прямые	косвенные
lnx	0,154	0,095			lnx	0,150	0,088		
lnx <sup>ind</sup>			0,298	-0,063	lnx <sup>ind</sup>			0,325	-0,071
lnAuto	—	—	—	—	lnI_Auto	—	—	—	—
lnRailw	—	—	-1,476	0,311	lnI_Railw	0,048	0,028	-0,186	0,041
lnMobile	0,074	0,046	0,336	-0,071	lnMobile	0,076	0,045	0,330	-0,072

Примечание: прочерк означает, что эффекты статистически незначимы

Таблица 6

Прямые и косвенные эффекты переменных моделей SAR (wd)

Table 6

Direct and spillover effects estimated by SAR models (wd)

Переменные	lnY		lnInd		Переменные	lnY		lnInd	
	прямые	косвенные	прямые	косвенные		прямые	косвенные	прямые	косвенные
lnx	0,169	0,295			lnx	0,168	0,299		
lnx <sup>ind</sup>			0,298	-0,128	lnx <sup>ind</sup>			0,327	-0,143
lnAuto	—	—			lnI_Auto	—	—	—	—
lnRailw	—	—	-1,603	0,686	lnI_Railw	0,049	0,087	-0,203	0,089
lnMobile	0,077	0,134	0,348	-0,149	lnMobile	0,081	0,143	0,338	-0,148

Примечание: прочерк означает, что эффекты статистически незначимы

туры, для промышленности порядок следующий: обеспеченность телекоммуникациями, фондовооруженность труда, плотность железных дорог, индекс развития железнодорожной инфраструктуры.

При пересчете параметров моделей с использованием матрицы  $w^d$  знаки прямых и косвенных эффектов совпали, однако косвенные эффекты практически в два раза превышают экстерналии, рассчитанные на основе матрицы  $w^c$  (табл. 6).

Действительно, коэффициенты при пространственных лагах для  $w^d$  значительно выше, чем для  $w^c$  (табл. 4). Результат объясним с географической точки зрения: для больших по площади регионов Сибири, Дальнего Востока, Урала матрицы  $w^c$  и  $w^d$  формируют в среднем одинаковый перечень соседей, оказывающих значимое воздействие на регион. В то время как для небольших по площади субъектов, расположенных в западной части страны, использование матрицы  $w^d$  расширяет круг таких соседей, что приводит к усилению экстерналий.

**Заключение**

В работе проведен анализ влияния обеспеченности услугами связи и транспортной ин-

фраструктурой на ВРП на душу населения и производительность труда промышленности в регионах России. Гипотеза о значимости рассматриваемых элементов инфраструктурного капитала для стимулирования экономического развития подтвердилась для телекоммуникаций и плотности железных дорог, скорректированной с учетом социально-экономической нагрузки. Значимость прямых и внешних эффектов распространения радиотелефонной связи свидетельствует о перспективности и важности развития цифровой инфраструктуры в регионах России.

Высокий износ основных фондов и нагрузка на транспортную сеть не позволяют сформировать высокотехнологичную транспортную отрасль и препятствуют укреплению связанности регионов страны. Инвестиционная политика должна уделять приоритетное внимание развитию транспортных сетей, однако при этом важно учитывать не только километраж железнодорожных и шоссейных дорог, но и качество их эксплуатации. Существование пространственных внешних эффектов, возникающих в результате влияния инфраструктуры на региональную экономическую динамику, подразумевает, что решения об инвестировании должны осуществляться в рамках надреги-

ональной перспективы и должны найти отражение в Стратегии пространственного развития Российской Федерации.

В связи с тем, что инфраструктура может оказывать различное воздействие на те или иные секторы промышленности,

в дальнейшем планируется применить дифференцированный подход к оценке эффектов для добывающей и обрабатывающей промышленности, а также для других производящих секторов экономики – сельского хозяйства, строительства.

### Список источников

- Гафарова, Е. А. (2017). Эмпирические модели регионального экономического роста с пространственными эффектами: результаты сравнительного анализа. *Вестник Пермского университета. Сер. Экономика*, 12(4), 561-574. <https://doi.org/10.17072/1994-9960-2017-4-561-574>
- Демидова, О. А., Камалова, Э. (2021). Пространственно-эконометрическое моделирование экономического роста российских регионов: имеют ли значение институты? *Экономическая политика*, 16(2), 34-59.
- Исаев, А. Г. (2015). Транспортная инфраструктура и экономический рост: пространственные эффекты. *Пространственная экономика*, (3), 57-73. <https://doi.org/10.14530/se.2015.3.057-073>
- Калинина Н. Н., Попова Т. С., Цукахин А. Б. (2020). Перспективные направления развития транспортной инфраструктуры как фактора безопасности и устойчивого экономического роста. *Экономика устойчивого развития*, 2(42), 92-97.
- Коломак, Е. А. (2011). Эффективность инфраструктурного капитала в России. *Журнал Новой экономической ассоциации*, 10(10), 74-93.
- Крамин, Т. В., Климанова, А. Р. (2019). Развитие цифровой инфраструктуры в регионах России. *Terra Economicus*, 17(2), 60-76. <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2019-17-2-60-76>
- Мельников, Р. М. (2022). Инфраструктурная обеспеченность как фактор экономического роста в российских регионах. *Финансы и кредит*, 28(8), 1756-1781. <https://doi.org/10.24891/fe.17.4.615>
- Мыслякова, Ю. Г., Коглярова, С. Н., Матушкина, Н. А. (2021). Генетический подход к оценке инфраструктурной связанности индустриального региона. *Экономика региона*, 17(3), 784-798. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-3-5>
- Мясников, А. А. (2018). Анализ факторов совокупной факторной производительности российских регионов. *Экономика региона*, 14(4), 1169-1180. <https://doi.org/10.17059/2018-4-9>
- Семерикова, Е. В., Демидова, О. А. (2015). Анализ региональной безработицы в России и Германии: пространственно-эконометрический подход. *Пространственная экономика*, (2), 64-85. <https://doi.org/10.14530/se.2015.2.064-085>
- Сергиенко, А. А. (2011). Оценка влияния мобильных телекоммуникаций в горнодобывающей промышленности на экономический рост России: эконометрический анализ. *Записки Горного института*, (191), 183-187.
- Agenor, P.-R. (2010). A theory of infrastructure-led development. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(5), 932-950. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2010.01.009>
- Agrawal, A., Galasso, A., & Oettl, A. (2017). Roads and innovation. *Review of Economics and Statistics*, 99(3), 417-434. [https://doi.org/10.1162/REST\\_a\\_00619](https://doi.org/10.1162/REST_a_00619)
- Arrow, K. J., & Kruz, M. (2013). *Public investment, the rate of return, and optimal fiscal policy*. RFF Press, New York, 218. <https://doi.org/10.4324/9781315064178>
- Caufield, B., Bailey, D., & Mullarkey, S. (2013). Using data envelopment analysis as a public transport project appraisal tool. *Transport Policy*, 29, 74-85. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.04.006>
- Cavalieri, M., Cristaudo, R., & Guccio, C. (2019). On the magnitude of cost overruns throughout the project life-cycle: An assessment for the Italian transport infrastructure projects. *Transport Policy*, 79, 21-36. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.04.001>
- Démurger, S. (2001). Infrastructure development and economic growth: an explanation for regional disparities in China? *Journal of Comparative Economics*, 29(1), 95-117. <https://doi.org/10.1006/jcec.2000.1693>
- Farhadi, M. (2015). Transport infrastructure and long-run economic growth in OECD countries. *Transportation Research. Policy and Practice*, 74, 73-90. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.02.006>
- Felbermayr, G. J., & Tarasov, A. (2022). Trade and the spatial distribution of transport infrastructure. *Journal of Urban Economics*, 130, 103473. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2022.103473>
- Fingleton, B., & Lopez-Bazo, E. (2006). Empirical growth models with spatial effects. *Papers in Regional Science*, 85(2), 177-198. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2006.00074.x>
- Glaeser, E. L., & Ponzetto, G. A. (2018). The political economy of transportation investment. *Economics of Transportation*, 13, 4-26. <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2017.08.001>
- Kyriacou, A. P., Muinelo-Gallo, L., & Roca-Sagales, O. (2019). The efficiency of transport infrastructure investment and the role of government quality: An empirical analysis. *Transport Policy*, 74, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.11.017>
- Li, J., Wen, J., & Jiang, B. (2017). Spatial Spillover Effects of Transport Infrastructure in Chinese New Silk Road Economic Belt. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, 6, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.enavi.2017.05.001>
- Martí, L., Puertas, R., & García, L. (2014). The importance of the Logistics Performance Index in international trade. *Applied Economics*, 46(24), 2982-2992. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.916394>
- Melo, P., Graham, D., & Brage-Ardao, R. (2013). The productivity of transport infrastructure investment: a meta-analysis of empirical evidence. *Regional Science and Urban Economics*, 43(5), 695-706. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2013.05.002>

- Michaels, G. (2008). The effect of trade on the demand for skill: evidence from the interstate highway system. *Review of Economics and Statistics*, 90(4), 683-701. <https://doi.org/10.1162/rest.90.4.683>
- Pugachev, I., Kulikov, Y., & Yarmolinsky, A. (2018). Current trends in development of the transport infrastructure of large cities of the Far East, Russia. *Transportation Research Procedia*, 36, 622-626. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.144>
- Wang, F. (2014). *Quantitative methods and socio-economic applications in GIS*. CRS Press, 333. <https://doi.org/10.1201/b17967>

## References

- Agenor, P.-R. (2010). A theory of infrastructure-led development. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(5), 932-950. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2010.01.009>
- Agrawal, A., Galasso, A., & Oettl, A. (2017). Roads and innovation. *Review of Economics and Statistics*, 99(3), 417-434. [https://doi.org/10.1162/REST\\_a\\_00619](https://doi.org/10.1162/REST_a_00619)
- Arrow, K. J., & Kruz, M. (2013). *Public investment, the rate of return, and optimal fiscal policy*. RFF Press, New York, 218. <https://doi.org/10.4324/9781315064178>
- Caufield, B., Bailey, D., & Mullarkey, S. (2013). Using data envelopment analysis as a public transport project appraisal tool. *Transport Policy*, 29, 74-85. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.04.006>
- Cavaleri, M., Cristaudo, R., & Guccio, C. (2019). On the magnitude of cost overruns throughout the project life-cycle: An assessment for the Italian transport infrastructure projects. *Transport Policy*, 79, 21-36. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.04.001>
- Demidova, O. A., & Kamalova, E. (2021). Spatial Econometric Modeling of Economic Growth in Russian Regions: Do Institutions Matter? *Ekonomicheskaya politika [Economic policy]*, 16(2), 34-59. (In Russ.)
- Démurger, S. (2001). Infrastructure development and economic growth: an explanation for regional disparities in China? *Journal of Comparative Economics*, 29(1), 95-117. <https://doi.org/10.1006/jcec.2000.1693>
- Farhadi, M. (2015). Transport infrastructure and long-run economic growth in OECD countries. *Transportation Research. Policy and Practice*, 74, 73-90. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.02.006>
- Felbermayr, G. J., & Tarasov, A. (2022). Trade and the spatial distribution of transport infrastructure. *Journal of Urban Economics*, 130, 103473. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2022.103473>
- Fingleton, B., & Lopez-Bazo, E. (2006). Empirical growth models with spatial effects. *Papers in Regional Science*, 85(2), 177-198. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2006.00074.x>
- Gafarova, E. A. (2017). Empirical models of regional economic growth with spatial effects: Comparative analysis results. *Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika [Perm University Herald. Economy]*, 12(4), 561-574. <https://doi.org/10.17072/1994-9960-2017-4-561-574> (In Russ.)
- Glaeser, E. L., & Ponzetto, G. A. (2018). The political economy of transportation investment. *Economics of Transportation*, 13, 4-26. <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2017.08.001>
- Isaev, A. G. (2015). Transport infrastructure and economic growth: spatial effects. *Prostranstvennaya ekonomika [Spatial economics]*, (3), 57-73. <https://doi.org/10.14530/se.2015.3.057-073> (In Russ.)
- Kalinina, N. N., Popova, T. S., & Ttchukachin, A. B. (2020). Promising directions of transport infrastructure development as a factor of security and sustainable economic growth. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya [Economics of sustainable development]*, 2(42), 92-97. (In Russ.)
- Kolomak, E. A. (2011). Efficiency of infrastructure capital in Russia. *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii [Journal of the New Economic Association]*, 10(10), 74-93. (In Russ.)
- Kramin, T. V., & Klimanova, A. R. (2019). Development of digital infrastructure in the Russian regions. *Terra Economicus*, 17(2), 60-76. <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2019-17-2-60-76> (In Russ.)
- Kyriacou, A. P., Muinel-Gallo, L., & Roca-Sagales, O. (2019). The efficiency of transport infrastructure investment and the role of government quality: An empirical analysis. *Transport Policy*, 74, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.11.017>
- Li, J., Wen, J., & Jiang, B. (2017). Spatial Spillover Effects of Transport Infrastructure in Chinese New Silk Road Economic Belt. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, 6, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.enavi.2017.05.001>
- Martí, L., Puertas, R., & García, L. (2014). The importance of the Logistics Performance Index in international trade. *Applied Economics*, 46(24), 2982-2992. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.916394>
- Melnikov, R. M. (2022). Infrastructure endowment as an economic growth driver in the Russian regions. *Finansy i kredit [Finance and credit]*, 28(8), 1756-1781. <https://doi.org/10.24891/re.17.4.615> (In Russ.)
- Melo, P., Graham, D., & Brage-Ardao, R. (2013). The productivity of transport infrastructure investment: a meta-analysis of empirical evidence. *Regional Science and Urban Economics*, 43(5), 695-706. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2013.05.002>
- Michaels, G. (2008). The effect of trade on the demand for skill: evidence from the interstate highway system. *Review of Economics and Statistics*, 90(4), 683-701. <https://doi.org/10.1162/rest.90.4.683>
- Myasnikov, A. A. (2018). Analysis of the Determinants of Total Factor Productivity in Russian Regions. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 14(4), 1169-1180. <https://doi.org/10.17059/2018-4-9> (In Russ.)
- Myslyakova, Yu. G., Kotlyarova, S. N., & Matushkina, N. A. (2021). Genetic Approach to Assessing the Infrastructure Coherence of an Industrial Region. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 17(3), 784-798. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-3-5> (In Russ.)

Pugachev, I., Kulikov, Y., & Yarmolinsky, A. (2018). Current trends in development of the transport infrastructure of large cities of the Far East, Russia. *Transportation Research Procedia*, 36, 622–626. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.144>

Semerikova, E. V., & Demidova, O. A. (2015). Analysis of regional unemployment in Russia and Germany: spatial-econometric approach. *Prostranstvennaya ekonomika [Spatial economics]*, (2), 64–85. <https://doi.org/10.14530/se.2015.2.064-085> (In Russ.)

Sergienko, A. S. (2011). Estimation of influence of mobile telecommunications and the mining industry on economic growth of Russia: the econometrical analysis. *Zapiski Gornogo instituta [Journal of Mining Institute]*, (191), 183–187. (In Russ.)

Wang, F. (2014). *Quantitative methods and socio-economic applications in GIS*. CRS Press, 333. <https://doi.org/10.1201/b17967>

### Информация об авторах

**Патракеева Ольга Юрьевна** — кандидат экономического наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН; <https://orcid.org/0000-0002-9320-2327>; Scopus Author ID: 56734529200 (Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41; e-mail: olgapatrakeyeva@yandex.ru).

**Кулыгин Валерий Валерьевич** — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН; <https://orcid.org/0000-0001-9748-6497>; Scopus Author ID: 24399335100 (Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41; e-mail: kulygin@ssc-ras.ru).

### About the authors

**Olga Yu. Patrakeeva** — Cand. Sci. (Econ.), Leading Research Associate, Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of RAS; <https://orcid.org/0000-0002-9320-2327>; Scopus Author ID: 56734529200 (41, Chekhova Ave., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation; e-mail: olgapatrakeyeva@yandex.ru).

**Valerii V. Kulygin** — Cand. Sci. (Tech.), Leading Research Associate, Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of RAS; <https://orcid.org/0000-0001-9748-6497>; Scopus Author ID: 24399335100 (41, Chekhova Ave., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation; e-mail: kulygin@ssc-ras.ru).

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Дата поступления рукописи: 11.05.2023.

Прошла рецензирование: 13.07.2023.

Принято решение о публикации: 20.06.2024.

Received: 11 May 2023.

Reviewed: 13 Jul 2023.

Accepted: 20 Jun 2024.