

<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-3-13>

УДК 332.1 +330.43

JELC51

И. В. Наумов , Н. Л. Никулина  

Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, Российская Федерация

Оценка и моделирование пространственных взаимовлияний в развитии кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности регионов России¹

Аннотация. Сложившаяся сегодня пространственная неоднородность локализации кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности и наличие в процессах его развития тесных пространственных взаимовлияний между основными центрами его концентрации и окружающими регионами в Центральной части России, согласно гипотезе исследования, ведут к дальнейшему его наращиванию в данных центрах. В работе представлен методический подход, предполагающий оценку пространственной неоднородности размещения кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности с использованием пространственного автокорреляционного анализа, наличие пространственных взаимовлияний между регионами в процессах его развития с использованием матриц Анселина с учетом различных систем измерения расстояний, подтверждение установленных пространственных межрегиональных взаимовлияний тестом Грэнджера и формирование регрессионных моделей межрегиональных взаимовлияний, оценку уровня концентрации факторов развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности в субъектах РФ и индикаторов эффективности его использования, что представляет новизну исследования. В результате апробации методического подхода были определены пространственные взаимовлияния в развитии кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности России: между г. Москвой и г. Санкт-Петербургом, Тверской, Брянской и Владимирской областями, между Московской и Ивановской, Владимирской, Орловской областями и Чувашской Республикой, между Нижегородской и Тульской областями, между г. Санкт-Петербургом и Тамбовской, Брянской, Владимирской, Смоленской и Ярославской областями. Пространственные взаимовлияния между регионами Урала, Поволжья и Сибири не были установлены, и это, наряду с возрастающей динамикой концентрации научно-исследовательских кадров в центральных регионах, способствует углублению пространственной неоднородности развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности России. Около 65% всех научно-исследовательских кадров России сконцентрировано в 22 регионах, и только 4 региона (г. Москва, г. Санкт-Петербург, Московская и Нижегородская области) имеют тесное пространственное взаимовлияние с окружающими регионами. В них сконцентрировано 60,5% всех научно-исследовательских кадров России. Представленное исследование позволит разработать механизмы сглаживания пространственной неоднородности развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности России.

Ключевые слова: пространственная неоднородность, кадровый потенциал научно-исследовательской деятельности, пространственный автокорреляционный анализ, пространственные взаимовлияния, причинно-следственные взаимосвязи по Грэнджеру, регионы

Благодарность: Статья подготовлена в соответствии с Планом НИР лаборатории моделирования пространственного развития территорий Института экономики УрО РАН на 2023 г.

Для цитирования: Наумов, И. В., Никулина, Н. Л. (2023). Оценка и моделирование пространственных взаимовлияний в развитии кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности регионов России. *Экономика региона*, 19(3), 782-800. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-3-13>

¹ © Наумов И. В., Никулина Н. Л. Текст. 2023.

Ilya V. Naumov , Natalia L. Nikulina  

Institute of Economics of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russian Federation

Assessment and Modelling of Spatial Interactions in the Development of Research Personnel in Russian Regions

Abstract. The current spatial heterogeneity of the localisation of research personnel and mutual spatial influences between the main centres of its concentration and neighbouring regions in Central Russia, according to the hypothesis, lead to its further growth in these centres. The present paper assessed the localisation of research personnel using spatial autocorrelation analysis. The spatial interactions between regions were analysed by the method of Anselin, considering various systems for measuring distances. The Granger test was applied to confirm the presence of the established interactions. Additionally, the study built regression models of interregional spatial interactions, assessed the concentration of factors for the development of research personnel in Russian regions and examined relevant efficiency indicators. As a result, the following mutual spatial influences in Russia were determined: between Moscow city and Saint Petersburg, Tver, Bryansk and Vladimir oblasts; between Moscow and Ivanovo, Vladimir, Oryol oblasts and the Chuvash Republic; between Nizhny Novgorod and Tula oblasts; between Saint Petersburg and Tambov, Bryansk, Vladimir, Smolensk and Yaroslavl oblasts. Spatial interactions between the regions of the Ural, Volga and Siberian districts were not identified. This result, along with the increasing dynamics of the concentration of research and development human resources in the central regions, contributes to the deepening of spatial heterogeneity of research personnel in Russia. About 65% of all research personnel in Russia are located in 22 regions, and only 4 regions (cities of Moscow and Saint Petersburg, Moscow and Nizhny Novgorod oblasts) have spatial interactions with the neighbouring regions. 60.5% of research and development human resources are concentrated there. The findings can be used to develop mechanisms for reducing the spatial heterogeneity of the development of research personnel in Russia.

Keywords: spatial heterogeneity, research personnel, spatial autocorrelation analysis, spatial interactions, Granger causality, regions

Acknowledgments: *The article has been prepared in accordance with the plan of the Laboratory of Modelling the Spatial Development of the Territories, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS for 2023.*

For citation: Naumov, I. V., Nikulina, N. L. (2023). Assessment and Modelling of Spatial Interactions in the Development of Research Personnel in Russian Regions. *Ekonomika regiona / Economy of regions*, 19(3), 782-800. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-3-13>

Введение

Инновационная активность предприятий сегодня сдерживается в силу ряда факторов, к которым можно отнести и рискованность затрат на осуществление инновационной деятельности, и низкий спрос на инновационную продукцию из-за ее технологической сложности и неизвестности для потребителя. Важным фактором, препятствующим внедрению инноваций в различных сферах жизнедеятельности, является и дефицит научно-исследовательских, инженерных кадров в отдельных регионах, которые могли бы разрабатывать технические и технологические нововведения и доводить их до практического внедрения. Данные специалисты сегодня требуются и для проведения модернизации технологических процессов на предприятиях обрабатывающей промышленности, а в частности, для проектирования более эффективного современного оборудования и станков, которые в настоящее

время имеют значительный износ, для разработки и внедрения цифровых технологий в промышленности.

В условиях санкционного давления на российскую экономику, сложности импорта высокотехнологичного оборудования из-за рубежа и необходимости разработки отечественного оборудования для модернизации обрабатывающих производств проблема дефицита научно-исследовательских кадров в России становится более острой. За период с 1995 г. по 2021 г. численность персонала, занятого исследованиями в России, сократилась на 37,6 %. Данная тенденция наблюдалась практически во всех регионах, даже в г. Москва, в регионе с самой высокой концентрацией научно-исследовательских кадров, их численность сократилась на 39 %. Не все регионы обладают развитым кадровым научно-исследовательским потенциалом, необходимым для генерации новых фундаментальных и прикладных

знаний, технологий, проектирования более эффективного оборудования и его технического обслуживания. Наблюдается пространственная неоднородность его распределения по территории РФ, сформировались региональные центры с высокой концентрацией научно-исследовательских кадров, обладающие необходимой инфраструктурой для осуществления научно-исследовательской деятельности.

Теория полюсов роста, в рамках которой в России формировались данные научные центры, предполагала не только концентрацию ресурсов на определенных территориях, но и развитие тесных взаимосвязей с окружающими территориями для обеспечения их потребности в научно-исследовательских кадрах. Однако кризисы последних десятилетий оказали негативное влияние на развитие научно-исследовательских учреждений, ослабили сформировавшиеся между ними межрегиональные взаимосвязи. В результате значительная часть регионов оказалась оторванной от научно-исследовательских центров, усилилась пространственная неоднородность локализации кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности России, а предприятия различных отраслей обрабатывающей промышленности лишились высококвалифицированных специалистов, осуществляющих исследования и разработки, необходимые для их производственной деятельности. Уничтожение отраслевых НИИ в России, которое наблюдалось в перестроечный период развития экономики, привело к потере налаженных связей научных центров с производственными предприятиями.

Именно поэтому актуальными задачами сегодня являются оценка сложившейся в России пространственной неоднородности развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности и выработка механизмов ее сглаживания путем развития взаимосвязей между научно-исследовательскими центрами и окружающими территориями. Необходимость их развития поднимает вопросы поиска существующих пространственных взаимовлияний в процессах развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности между регионами России. В региональной экономике и пространственной эконометрике отмечается, что на развитие тех или иных социально-экономических процессов оказывают влияние не только факторы данной территории, но и влияние окружающих территорий, между территориями наблюдаются пространственные взаимовлияния. Их оценка и подтверждение методами

регрессионного анализа и стали основной целью данной работы. Оценка пространственной неоднородности развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности России, поиск пространственных взаимовлияний и их подтверждение методами регрессионного моделирования позволят определить перспективные пространственные направления для расширения межрегиональных научных взаимосвязей, которые так необходимы для сглаживания существующей пространственной неоднородности развития научно-исследовательского потенциала.

Теоретико-методические вопросы исследования

В научной литературе существуют различные подходы к пониманию сущности кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности и различные методические подходы к его оценке. Так, в частности, Е.В. Зайцева, В.В. Запарий, А.К. Ключев, С.В. Кульпин, Д.В. Шкурин выделяли три подхода к рассмотрению понятия «потенциал»: ресурсный, факторный и синергетический. Представители первого направления исходили из того, что потенциал — это некоторый комплекс различных ресурсов, оцениваемых набором количественных характеристик изучаемых объектов, полученных соответствующими эмпирическими методами. Представители второго направления считают, что потенциал представляет собой систему трудовых и материальных факторов. Согласно третьему подходу, потенциал — это выражение возможностей для достижения каких-либо целей, то есть, не только используемые ресурсы, но и некоторый синергетический эффект, который возникает от более умелого и удачного в данной ситуации сочетания этих ресурсов (Зайцева и др., 2016).

А.Р. Абдуллин использовал ресурсный подход и определял кадровый потенциал науки как совокупный набор статистических показателей-индикаторов, индексов, отражающих уровень и влияние динамики численности, квалификации, половозрастной структуры исследователей, занятых научной деятельностью в конкретных областях на ожидаемый результат этой деятельности (Абдуллин, 2013). Данного подхода придерживались и В.В. Зырянов, И.А. Мосичева, М.В. Прудникова (Зырянов и др., 2018), Л.Е. Варшавский (Варшавский, 2006).

Анализ литературы показал, что самым используемым подходом к оценке кадрового потенциала научно-исследовательской деятель-

ности является ресурсный. Данный подход является оптимальным и в нашем исследовании, поскольку для оценки пространственной неоднородности его развития и моделирования пространственных взаимовлияний регионов могут использоваться только количественные данные.

Для исследования территориальной дифференциации кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности применяются в основном методы статистического анализа (Мазиллов, 2021; Красова, 2019, Зырянов и др., 2018 и др.) и индексный подход (Абдуллин, 2013, Лукьянова, 2010 и др.). Л.Е. Варшавский на основе модели динамики численности и структуры научных кадров построил сценарии изменения численности и структуры научных кадров в стране (Варшавский, 2006).

Для исследования пространственной неоднородности размещения ресурсов используются индексы неравномерности размещения Херфиндаля — Хиршмана, энтропии Тейла, а также простейшие статистические характеристики: среднее квадратичное отклонение, коэффициент асимметрии, эксцесса, вариации и др. Данные методы позволяют выявить пространственную неоднородность, установить регионы с высоким и низким уровнем концентрации исследуемого признака, однако они не могут определить пространственные взаимовлияния территорий по данному признаку.

В последние годы для исследования пространственных особенностей размещения инвестиционных, трудовых и других ресурсов все чаще используется пространственный автокорреляционный анализ по методике П. Морана. Он позволяет установить полюса роста, притягивающие ресурсы окружающих территорий, совокупность похожих территорий с высокими и низкими значениями исследуемого признака, которые могут сформировать пространственные кластеры, а также зоны их влияния. Кластеризация территорий, в отличие от статистических методов, происходит с учетом пространственных эффектов, при этом не только подтверждается пространственная неоднородность исследуемых процессов, но и определяются зоны влияния центров притяжения ресурсов, то есть, направления пространственных взаимовлияний.

Пространственную автокорреляцию с помощью одномерного и двумерного индексов Морана использовала, в частности, В.М. Тимирьянова для оценки показателей, характеризующих производство, распределение и об-

мен товаров (Тимирьянова, 2020). Матрицы межрегиональных взаимовлияний, которые формируются в процессе пространственного автокорреляционного анализа по методике П. Морана, использовались Л.А. Серковым, М.Б. Петровым и К.Б. Кожовым для оценки степени пространственного взаимовлияния регионов России и Республики Беларусь в обрабатывающей промышленности, а также для анализа производственных цепочек между Свердловской областью и регионами РФ (Серков и др., 2021; Петров и др., 2021).

Методика П. Морана использовалась Л.М. Авериной и Д.В. Сиротиным для исследования межрегионального взаимодействия по фактору инновационной активности (Аверина & Сиротин, 2020), Ю.В. Павловым и Е.Н. Королевой — для оценки пространственной неоднородности размещения населения в муниципальных образованиях Самарской области, поиска зон влияния полюсов роста (Павлов & Королева, 2014). Ф. Виллекенс применял методику Морана для оценки потоков пространственного взаимодействия (миграции) различных регионов. Автор «идентифицировал и количественно оценивал эффекты, связанные с регионом происхождения, регионом назначения и пространственным разделением» (Willekens, 1983). Л. Киви и Т. Паас оценивали пространственное взаимодействие регионов Европейского союза на рынке труда с использованием данной методики. Они подтвердили важность тесной координации между регионами на рынке труда во время кризисов (Kivi & Paas, 2021).

Методика пространственного автокорреляционного анализа П. Морана была развита в трудах Л. Анселина. Им были введены локальные индексы пространственной автокорреляции, а также матрица пространственных взаимовлияний (*LISA*), которая «позволяет определить, где находятся области с высокими значениями переменной, окруженные высокими значениями в соседних областях, то есть кластеры с высокими значениями» (Anselin, 1988), а также установить взаимовлияния между территориями с высокими и низкими значениями исследуемого признака. Данная матрица расширяет возможности пространственного автокорреляционного анализа П. Морана в исследовании зон влияния полюсов роста и пространственных кластеров на окружающие территории, позволяет установить взаимовлияния между ними.

Данная методика использовалась М.М. Фишер и Д.А. Гриффит для формирования модели

пространственного взаимодействия гравитационного типа, в которой использовались «переменные, характеризующие регион происхождения потока, переменные, которые характеризуют область назначения потока, и переменные, которые измеряют разделение между регионами отправления и назначения» (Fischer & Griffith, 2008), О.С. Балаш — для эконометрического моделирования пространственных взаимодействий в распространении социально-экономических явлений и процессов (Балаш, 2012). Методика Л. Анселина применялась и для разработки имитационной модели пространственных лагов, включающей переменные коэффициенты пространственной чувствительности, для анализа межрегиональных взаимодействий (Myasnikov, 2018).

Матрицы пространственного взаимовлияния, формируемые по методу Л. Анселина, не учитывают динамику изменения пространственных взаимодействий, формируются на определенную дату. К тому же для их формирования используется, как правило, одна матрица пространственных весов — по смежным границам или линейным расстояниям, другие матрицы пространственных весов используются крайне редко. А вопрос получения точных объективных результатов пространственного автокорреляционного анализа напрямую зависит от типа используемой матрицы пространственных весов. И главное ограничение матриц пространственных взаимовлияний Л. Анселина при исследовании межтерриториального взаимодействия заключается в невозможности установить пространственные направления данных взаимовлияний, невозможно определить, какой регион влияет на окружающие регионы, определяется их взаимное влияние.

Данную проблему может решить, по нашему мнению, применение теста Грэнджера на причинно-следственные взаимосвязи. Данный метод позволяет установить причинность в оценке взаимосвязи между исследуемыми социально-экономическими процессами. Так, например, Л.М. Евстигнеева и В.В. Киселева использовали его для установления причинной связи между инновациями и внешней торговлей (Евстигнеева & Киселева, 2016), М.В. Дубовик и С.Г. Дмитриев — для анализа причинно-следственных взаимосвязей между валовым региональным продуктом и показателями отраслей региональной экономики (Дубовик & Дмитриев, 2022). С. Магаджи, М.М. Абубакар, Ю.А. Темитопе применяли данный метод для оценки влия-

ния международной торговли на экономический рост в Нигерии. Авторы пришли к выводу, что «торговый баланс и степень открытости торговли не способствуют росту ВРП, необходимо эффективное управление иностранной валютой для обеспечения оптимальной производительности в важнейших секторах экономики» (Magaji et al., 2022).

С.С. Дубровин применял данный тест для выявления причинно-следственных связей между курсами акций фондового рынка (Дубровин, 2009), Р.А. Григорьев — для выявления причинности между значениями показателей бирж, распределенных в разных временных зонах (Григорьев, 2019), Д.Ф. Скрипнюк и К.Н. Киккас — для оценки причинно-следственных связей реального и финансового секторов мировой экономики (Скрипнюк & Киккас, 2016), Х. Рен, Й. Ли и Ю. Ши — для оценки причинно-следственной зависимости развития цифровой экономики и китайских фондовых рынков (Ren et al., 2022), Р. Абдуллах и В. Насирин — для анализа причин и следствий внедрения системы шариата во всех региональных банковских учреждениях в Правительстве Ачеха и динамики изменения процентных ставок, а также факторов экономического роста (Abdullah & Nasirin, 2022).

Н.С. Айюбова использовала тест Грэнджера для проектирования многомерной регрессионной модели для анализа причинно-следственных зависимостей динамики счета текущих операций платежного баланса от различных факторов (Айюбова, 2022). Л.Н. Саргсян применял его для оценки двусторонней причинно-следственной связи между экономическим ростом, экспортом и притоком прямых иностранных инвестиций в Республике Армения на период 1998–2018 гг. (Саргсян, 2019). Тест Грэнджера использовался Х. Абар для изучения взаимосвязи между финансовым развитием и экономическим ростом в Турции за широкий период времени (1961–2018 гг.). В результате исследования было установлено, что «финансовое развитие является причиной роста по Грэнджеру и положительно влияет на экономический рост» (Abar, 2022).

Обзор работ показал, что данный метод используется в основном для исследования причин и следствий между различными процессами и факторами изменения их динамики. Однако считаем, что возможности теста Грэнджера значительно шире, и в нашем случае данный метод может быть использован для определения регионов, оказывающих влияние на окружающие территории, то есть,

для поиска источников и пространственных направлений взаимовлияний в процессах развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности. Устанавливаемые причинно-следственные взаимосвязи между социально-экономическими процессами и факторами их динамики, как показал анализ, не всегда подтверждаются регрессионными моделями, и это снижает обоснованность выводов, приводит к ложным заключениям. Поэтому считаем необходимым использование и методов регрессионного анализа при оценке причинно-следственных взаимосвязей по методу Грэнджера.

Методический подход к оценке и моделированию пространственных взаимовлияний в развитии кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности территорий

Теоретический обзор методов оценки и моделирования пространственных взаимовлияний показал, что только их системное использование позволит объективно оценить установившиеся взаимовлияния регионов в процессах развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности. Данный потенциал может оцениваться различными показателями, мы же будем использовать ресурсный подход и рассматривать кадровый потенциал научно-исследовательской деятельности как совокупность всех специалистов, осуществляющих научно-исследовательскую деятельность и разработки. В качестве основного показателя для оценки и моделирования пространственных взаимовлияний в развитии кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности используется численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками по субъектам Российской Федерации. В ходе исследования применяются данные за период с 1995 г. по 2021 г. взяты из официальной статистики, размещенной в региональном разделе на сайте Федеральной службы государственной статистики.

Для оценки пространственной неоднородности распределения научно-исследовательских кадров по регионам России, поиска основных центров их концентрации и зон их влияния на начальном этапе исследования предполагается использование пространственного автокорреляционного анализа по методике П. Морана. Данный анализ будет проводиться по восьми матрицам пространственных весов: по смежным границам, линейным расстояниям, по автомобильным дорогам, по протя-

женности железнодорожных путей сообщения, а также стандартизированным версиям данных матриц. В результате анализа регионы будут отнесены к тому или иному квадранту диаграммы рассеивания Морана по подавляющему большинству матриц пространственных весов. Обобщение результатов, полученных с использованием не одной, а нескольких матриц пространственных весов, позволит получить не случайные, а обоснованные выводы. Выделение в каждом квадранте диаграммы рассеивания П. Морана регионов с различным уровнем пространственного взаимовлияния (выше и ниже среднего уровня, рассчитанным отдельно по отрицательным и положительным локальным индексам пространственной автокорреляции) позволит определить территории, притягивающие значительную часть научно-исследовательских кадров — полюса роста (регионы с высоким уровнем пространственного взаимовлияния с окружающими регионами), а также формирующиеся полюса роста (регионы с низким уровнем пространственного взаимовлияния), регионы с похожим уровнем концентрации научно-исследовательских кадров (пространственные кластеры) и регионы, испытывающие сильное и слабое влияние полюсов роста и пространственных кластеров. Методические особенности проведения данного анализа более подробно раскрыты в работе И. В. Наумова (Наумов, 2021).

Данный анализ предполагает и формирование матрицы пространственных взаимовлияний Л. Анселина. Выделение в данной матрице значений, превышающих средний уровень, рассчитанный отдельно по положительным и отрицательным значениям локальных индексов Морана, позволит установить наиболее сильные пространственные взаимовлияния регионов по развитию кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности. Обобщение результатов, полученных при использовании различных матриц пространственных весов, необходимо для отклонения случайных, неустойчивых пространственных взаимовлияний. В результате данного анализа из множества выявленных пространственных взаимовлияний регионов будут отобраны только наиболее устойчивые.

Для подтверждения установленных взаимовлияний регионов в развитии кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности и определения пространственных направлений данных взаимовлияний предполагается тестирование причинно-следственных взаимосвязей по методу Грэнджера

с использованием временного ряда с 1995 г. по 2021 г. В результате из множества установленных в ходе пространственного автокорреляционного анализа по методике П. Морана и Л. Анселина взаимовлияний будут отобраны только подтвержденные тестом Грэнджера, то есть те, что наблюдались в течение длительного периода времени. Более подробно методический подход к тестированию межрегиональных взаимовлияний с использованием теста Грэнджера был описан в работе (Наумов, 2021). Поскольку тест Грэнджера является методом предварительного эконометрического анализа и получаемые в результате его использования взаимосвязи не всегда подтверждаются регрессионным моделированием, считаем важным при оценке пространственных взаимовлияний провести и регрессионный анализ зависимости регионов по численности научно-исследовательских кадров с использованием временных рядов. В ходе данного анализа планируется проверить установленные тестом Грэнджера причинно-следственные взаимосвязи и определить регионы, которые действительно оказывают влияние на приток или отток научно-исследовательских кадров в других территориальных системах. Поскольку основной целью нашего исследования является оценка пространственных взаимовлияний регионов в процессах развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности России, на этапе моделирования предполагается формирование регрессий без учета других факторов, оказывающих влияние на его динамику, акцент делается на построении моделей зависимости взаимовлияющих регионов.

На последнем этапе предлагается исследовать факторы развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности в регионах России и эффективность его использования путем оценки динамики концентрации характеризующих их индикаторов. Факторы развития кадрового потенциала будут оцениваться по количеству научно-исследовательских организаций в регионах РФ, объектов научной инфраструктуры, осуществляемых затрат на научные исследования и разработки, а индикаторы эффективности его использования — по количеству разработанных передовых технологий и выданных патентов на изобретения.

Результаты исследования

Пространственный автокорреляционный анализ по методике П. Морана показал, что не-

смотря на высокий уровень пространственной неоднородности размещения научно-исследовательских кадров в России можно выделить схожие по их количеству регионы. Положительный глобальный индекс Морана, рассчитанный по различным матрицам пространственных весов, подтвердил возможность пространственной кластеризации регионов по данному показателю. Результаты расчетов глобального индекса пространственной автокорреляции, а также индикаторов его статистической значимости по перечисленным матрицам пространственных весов не сильно отличаются, поэтому считаем целесообразным использование всех указанных матриц для построения диаграммы рассеивания П. Морана и формирования матрицы пространственных взаимовлияний Л. Анселина.

Построенная диаграмма рассеивания локальных индексов пространственной автокорреляции П. Морана позволила установить формирующийся полюс роста с более высокой численностью научно-исследовательских кадров, чем в окружающих регионах (квадрант *HL*), пространственные кластеры регионов с высокой их концентрацией (квадрант *HH*), регионы, являющиеся зоной их влияния (квадрант *LH*), а также регионы с низким уровнем концентрации научно-исследовательских кадров — квадрант *LL* (рис. 1).

В квадрант *HL* данной диаграммы, который формируют так называемые полюса роста, отличающиеся более высокими значениями исследуемого показателя по сравнению с окружающими регионами, вошли Красноярский край, Новосибирская и Томская области. Данные регионы, действительно, отличаются более высоким уровнем концентрации научно-исследовательских кадров по сравнению с окружающими регионами, однако их численность в регионах значительно ниже, чем в г. Москве, г. Санкт-Петербурге, Нижегородской, Свердловской областях. Более того, уровень пространственного взаимовлияния с окружающими регионами в Красноярском крае, Новосибирской и Томской областях значительно ниже среднероссийского уровня. Поэтому, согласно представленному в данной работе методическому подходу, указанные регионы были отнесены нами к формирующимся полюсам роста.

В квадрант *HH* диаграммы рассеивания П. Морана вошли схожие регионы с высоким уровнем концентрации научно-исследовательских кадров и высокой степенью пространственного взаимовлияния (г. Москва, г. Санкт-



Рис. 1. Диаграмма рассеивания локальных индексов П. Морана по численности научно-исследовательских кадров в регионах России, 2021 г. (источник: составлено авторами)

Fig. 1. Distribution of local Moran's I by the number of research personnel in Russian regions, 2021

Петербург, Московская и Нижегородская области), средней степенью пространственного взаимовлияния (Свердловская, Челябинская, Воронежская, Ростовская и Самарская области, Пермский край и Республика Татарстан). Данные регионы не только обладают схожими характеристиками по численности специалистов, осуществляющих научно-исследовательскую деятельность и разработки, но и имеют пространственную близость друг к другу.

Пространственный автокорреляционный анализ по методике П. Морана позволил установить и зоны влияния формирующихся полюсов роста и сформировавшихся потенциальных пространственных кластеров (квадрант *LH*). Регионы, испытывающие их сильное влияние, расположены в центральной части России, в окружении г. Москвы, г. Санкт-Петербурга, Московской и Нижегородской областей, которые отличаются высоким уровнем пространственного взаимовлияния. К таким регионам в результате пространственного автокорреляционного анализа были отнесены Ленинградская, Новгородская, Псковская, Брянская, Владимирская, Ивановская, Вологодская, Костромская, Липецкая, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская, Тверская

и Тульская области, а также Республика Мордовия. Другие регионы, вошедшие в квадрант *LH* диаграммы рассеивания П. Морана, испытывают не такое высокое влияние пространственных кластеров, отличаются слабым уровнем пространственного взаимовлияния с окружающими территориями.

Для более глубокой оценки влияния научных центров на окружающие регионы, поиска взаимовлияний регионов по развитию кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности по каждой матрице пространственных весов были построены матрицы пространственных взаимовлияний Л. Анселина. Обобщенные результаты данного анализа представлены в таблице 1. Сформированные матрицы Л. Анселина установили взаимовлияния регионов только с четырьмя научными центрами, обладающими высоким уровнем концентрации научно-исследовательских кадров, а именно с г. Москвой и г. Санкт-Петербургом, Московской и Нижегородской областями.

Прирост научно-исследовательских кадров в одном из указанных регионов способствовал их приросту в других связанных с ним регионах. Отрицательные значения про-

Обобщенные результаты оценки пространственных взаимовлияний регионов в развитии кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности в 2021 г. по методике Л. Анселина

Table 1

Results of assessing the interregional spatial interactions in the development of research personnel according to the method of Anselin, 2021

Регионы с высокой концентрацией научно-исследовательских кадров и высоким уровнем пространственного взаимодействия	Пространственные взаимодействия между похожими по численности научно-исследовательских кадров регионами (положительная автокорреляция)	Пространственные взаимодействия между отличающимися по численности научно-исследовательских кадров регионами (отрицательная автокорреляция)
г. Москва	г. Санкт-Петербург, Московская и Нижегородская области	Белгородская, Брянская, Владимирская, Вологодская, Ивановская, Костромская, Курская, Липецкая, Новгородская, Орловская, Псковская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская, Тверская, Тульская области, республики Марий Эл, Мордовия, Карелия, Чувашская Республика
г. Санкт-Петербург	Нижегородская и Московская области	Ленинградская, Новгородская и Псковская области
Московская область	Нижегородская область	Липецкая, Рязанская, Тульская, Ивановская, Владимирская, Смоленская, Тверская и Ярославская области
Нижегородская область	г. Москва, г. Санкт-Петербург, Московская область	Ивановская, Кировская, Костромская, Рязанская области, республики Марий Эл, Мордовия, Чувашская Республика

Источник: составлено авторами.

пространственной автокорреляции в матрице Л. Анселина свидетельствуют о наличии пространственных взаимовлияний между сильно отличающимися регионами по численности научно-исследовательских кадров, то есть, между регионами с высоким и низким уровнем их концентрации. Такие пространственные взаимодействия были установлены между г. Москва, г. Санкт-Петербург, Московской, Нижегородской областями и Брянской, Владимирской, Ивановской, Костромской, Курской, Липецкой, Новгородской, Орловской, Псковской, Рязанской, Смоленской областями и другими регионами. Для проверки установленных между регионами пространственных взаимовлияний был проведен тест на причинно-следственные взаимосвязи Грэнджера с использованием временных рядов с 1995 г. по 2021 г. Результаты данного анализа представлены в таблице 2.

Не все взаимодействия между научными центрами (регионами с высоким уровнем концентрации научно-исследовательских кадров), установленные матрицами Л. Анселина, были подтверждены в ходе тестирования методом Грэнджера. Была установлена единственная двухсторонняя взаимосвязь — между г. Москва на г. Санкт-Петербург. Были подтверждены взаимодействия между научными центрами

и окружающими их регионами. Так, например, в процессах развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности было установлено влияние г. Москва на Брянскую, Владимирскую, Ивановскую и Липецкую области.

Обратное влияние на г. Москва оказывали Смоленская область, Республика Марий Эл, Республика Мордовия и Чувашская Республика.

Двухсторонняя взаимосвязь была установлена между г. Москвой и Костромской, Тверской областями, Республикой Карелией. Аналогичные взаимосвязи с окружающими регионами были выявлены и для других научных центров (г. Санкт-Петербурга, Московской, Нижегородской областей). Помимо представленных в таблице 2 причинно-следственных взаимосвязей, в ходе анализа методом Грэнджера были определены и взаимосвязи между регионами, не установленные матрицами пространственного взаимодействия Л. Анселина, а в частности между Белгородской, Ивановской, Кировской, Костромской, Ленинградской, Липецкой, Орловской, Псковской, Смоленской, Тамбовской областями, Республикой Марий Эл, Республикой Мордовия, Чувашской Республикой и другими регионами, которые в результате пространственного автокорреляционного анализа по методике

Таблица 2

Результаты тестирования причинно-следственных взаимосвязей между регионами по численности научно-исследовательских кадров методом Грэнджера в период с 1995 г. по 2021 г.

Table 2

Granger causality test for examining the interregional spatial interactions in terms of the number of research personnel, 1995–2021

Регион «А» не оказывает влияние на Регион «Б»				Регион «Б» не оказывает влияние на Регион «А»			
Регион «А»	Регион «Б»	F-Stat	Prob.	Регион «Б»	Регион «А»	F-Stat	Prob.
г. Москва	г. Санкт-Петербург	7.384	0.004***	Респ. Марий Эл	г. Москва	3.372	0.054*
	Брянская обл.	2.683	0.082*	Респ. Мордовия		6.081	0.008***
	Владимирская обл.	4.228	0.029**	Смоленская обл.		4.340	0.027**
	Ивановская обл.	2.966	0.044**	Чувашская Респ.		3.151	0.064*
	Липецкая обл.	5.661	0.011**				
	Костромская обл.	3.813	0.039**	Костромская обл.		3.482	0.049**
	Тверская обл.	3.194	0.062*	Тверская обл.		9.308	0.001***
	Респ. Карелия	7.931	0.002***	Респ. Карелия		2.903	0.078*
Московская область	Липецкая обл.	3.041	0.069*	Респ. Карелия	Московская область	4.151	0.031**
	Ивановская обл.	4.745	0.021**	Респ. Мордовия		6.447	0.006***
	Владимирская обл.	2.851	0.071*	Брянская обл.		3.428	0.052**
	Орловская обл.	5.188	0.015**	Рязанская обл.		5.328	0.014**
	Псковская обл.	5.637	0.011**	Смоленская обл.		2.978	0.073*
	Чувашская Респ.	3.54	0.048**	Чувашская Респ.		3.281	0.048**
	Курская обл.	5.617	0.011**				
	Белгородская обл.	4.159	0.031**				
г. Санкт-Петербург	Псковская обл.	3.535	0.048**	Псковская обл.	г. Санкт-Петербург	4.877	0.018**
	Тамбовская обл.	4.322	0.027**	Ярославская обл.		7.961	0.002***
	Респ. Мордовия	2.881	0.079*	Смоленская обл.		2.681	0.093*
	Владимирская обл.	3.000	0.072*	Владимирская обл.		3.875	0.037**
	Брянская обл.	3.271	0.059*				
Нижегородская область	Ивановская обл.	2.633	0.046**	Кировская обл.	Нижегородская область	3.513	0.049**
	Костромская обл.	7.301	0.004***	Респ. Марий Эл		3.824	0.039**
	Брянская обл.	2.829	0.082*	Ленинградская обл.		6.558	0.006***
	Белгородская обл.	6.309	0.007***	Смоленская обл.		2.786	0.085*
	Тамбовская обл.	3.262	0.059*	Вологодская обл.		3.761	0.041**
	Тульская обл.	4.337	0.027**				
	Владимирская обл.	3.035	0.071*				
	Липецкая обл.	28.50	1.E–06***				
Орловская обл.	17.68	4.E–05***					

Примечание: Уровень значимости коэффициентов, при котором отвергается нулевая гипотеза теста об отсутствии причинности: ** — $p < 0,05$. Источник: составлено авторами.

П. Морана были отнесены к зоне сильного влияния пространственных кластеров.

Тест Грэнджера не установил причинно-следственные взаимосвязи между пространственно удаленными регионами, что подтверждает важность пространственных особенностей размещения научно-исследовательского потенциала для развития межрегионального научного взаимодействия.

Необходимо отметить, что и пространственный автокорреляционный анализ по методике П. Морана, и матрицы пространственного взаимовлияния Л. Анселина, и тестирование причинно-следственных взаимос-

вязей между всеми субъектами РФ методом Грэнджера позволили установить тесные взаимовлияния только между центральными регионами. Взаимовлияния таких ведущих научных центров, как Новосибирская, Томская, Свердловская области, Красноярский край, с окружающими регионами не были установлены. И это позволяет нам предположить, что сформировавшиеся на Урале и Сибири полюса роста с высокой концентрацией научно-исследовательских кадров не имеют тесных пространственных взаимовлияний с окружающими регионами, и это способствует углублению пространственной неоднородности раз-

Результаты регрессионного анализа зависимости регионов, обладающих высоким уровнем концентрации научно-исследовательских кадров, с окружающими регионами, за период с 1995 г. по 2021 г.

Table 3

Results of the regression analysis of the dependence between regions with a high concentration of research personnel and neighbouring regions, 1995–2021

	г. Москва (<i>M</i>)	г. Санкт-Петербург (<i>SPb</i>)	Московская обл. (<i>MR</i>)	Нижегородская обл. (<i>N</i>)
г. Санкт-Петербург (<i>SPb</i>)	$M = 159330.7 + 1.24 \cdot SPb$ $SPb = -40200 + 0.51 \cdot M$			
Тамбовская обл. (<i>Tm</i>)		$Tm = -1630.1 + 0.04 \cdot SPb$		
Тульская обл. (<i>T</i>)				$T = -12482 + 0.44 \cdot N$
Ярославская обл. (<i>Yr</i>)		$SPb = 15579.2 + 9.9 \cdot Yr$		
Смоленская обл. (<i>Sm</i>)		$SPb = 59405.8 + 43.3 \cdot Sm$		
Орловская обл. (<i>Or</i>)			$Or = -5262.5 + 0.07 \cdot MR$	
Респ. Мордовия (<i>RM</i>)	$M = 135081.3 + 101.5 \cdot RM$			
Брянская обл. (<i>Br</i>)	$Br = -4747.6 + 0.03 \cdot M$	$Br = -2460.3 + 0.05 \cdot SPb$	$MR = 80419.6 + 6.19 \cdot Br$	
Тверская обл. (<i>Tv</i>)	$Tv = -2640.3 + 0.03 \cdot M$ $M = 110877.8 + 27.4 \cdot Tv$			
Рязанская обл. (<i>R</i>)			$MR = 74541.9 + 4.84 \cdot R$	
Владимирская обл. (<i>VI</i>)	$VI = -8962.5 + 0.06 \cdot M$	$VI = -3433.1 + 0.12 \cdot SPb$	$VI = -15155.5 + 0.25 \cdot MR$	
Ивановская обл. (<i>Iv</i>)			$Iv = -5554.1 + 0.07 \cdot MR$	
Чувашская Респ. (<i>Ch</i>)			$ChR = -3466.4 + 0.06 \cdot MR$	

Источник: составлено авторами.

вития научно-исследовательского потенциала России. Для снижения пространственной неоднородности развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности необходимо развитие межрегионального взаимодействия Урала и Сибири.

Установленные пространственные взаимовлияния регионов в процессах развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности были протестированы с использованием регрессионного анализа временных рядов с 1995 г. по 2021 г. Результаты анализа представлены в таблице 3.

При построении модели используемые статистические данные были проверены на стационарность и очищены от трендовой компоненты с использованием метода аналитического выравнивания временных рядов. Построенные модели тестировались на гетероскедастичность, нормальность распределения ошибок, автокорреляцию остатков, наличие структурных сдвигов, проводилась оценка статистической значимости основных параметров регрессии. В результате моделирования

в процессах развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности было подтверждено влияние г. Москва на г. Санкт-Петербург, Тверскую, Брянскую, Владимирскую области и не подтверждено установленное тестом Грэнджера влияние на Костромскую, Ивановскую и Липецкую области, Республику Карелия.

На повышение численности научно-исследовательских кадров в г. Москве оказывают влияние только г. Санкт-Петербург, Тверская область и Республика Чувашия, установленное влияние Костромской и Смоленской областей, республик Карелия, Марий Эл и Чувашии не было подтверждено. Не было подтверждено влияние Московской области на развитие кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности Липецкой, Псковской, Белгородской и Курской областей, а также г. Санкт-Петербург на Псковскую область и Республику Мордовия.

Значительная часть пространственных взаимовлияний Нижегородской области с окружающими регионами в процессах разви-

тия кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности не была подтверждена регрессионным анализом. Было установлено влияние Нижегородской области только на Тульскую область. На численность научно-исследовательских кадров в Московской области, как показал регрессионный анализ, оказывают влияние близлежащие регионы, такие как Рязанская и Брянская область, а на их численность в г. Санкт-Петербурге — Смоленская и Ярославская области.

Были установлены взаимосвязи и среди регионов, являющихся зоной влияния ведущих научных центров с высокой концентрацией научно-исследовательских кадров (г. Москвы, г. Санкт-Петербурга, Московской и Нижегородской областей), но не связанных напрямую с ними. В результате регрессионного анализа было подтверждено влияние кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности Ивановской области на его развитие в Тамбовской, Тульской и Ярославской областях. Согласно результатам регрессионного моделирования, кадровый потенциал научно-исследовательской деятельности Кировской области оказывает влияние на его развитие в Орловской, Брянской областях и Республике Мордовии.

На рост численности научно-исследовательских кадров в Орловской области, согласно полученным результатам регрессионного анализа, влияет Ярославская область и Республика Мордовия, Республика Карелия, а в Костромской области — помимо перечисленных регионов оказывает влияние и Тверская область. Было установлено двухстороннее влияние между Тамбовской и Тверской областями. На развитие кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности Тамбовской области влияет Республика Мордовия и Брянская область. Чувашская Республика, согласно построенным регрессионным моделям, оказывает влияние на развитие кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности Республики Карелии и Липецкой области. Было установлено взаимовлияние и между кадровым потенциалом научно-исследовательской деятельности в Ленинградской и Новгородской областях. Все подтвержденные регрессионным анализом пространственные взаимовлияния были систематизированы и представлены на рисунке 2.

Синим цветом на данном рисунке отражены взаимовлияния между регионами, обладающими высоким уровнем концентрации научно-исследовательских кадров, и окружаю-

щими регионами, установленные в результате пространственного автокорреляционного анализа по методике П. Морана, формирования матриц пространственных взаимовлияний Л. Анселина, а также подтвержденные тестом Грэнджера на наличие причинно-следственных взаимосвязей и регрессионным моделированием. Располагающиеся в непосредственной близости с ведущими научно-исследовательскими центрами, к которым в результате анализа были отнесены г. Москва, г. Санкт-Петербург, Московская и Нижегородская области, регионы получают преимущество в развитии своего кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности. Однако лишь незначительная часть установленных пространственных взаимовлияний между ведущими научно-исследовательскими центрами и регионами, входящими в зону их сильного влияния (квадрант *LH* диаграммы рассеивания Морана), были подтверждены регрессионным анализом, значительная часть регионов не имеет пространственных взаимовлияний с регионами, отличающимися высоким уровнем концентрации научно-исследовательских кадров.

Красным цветом на рисунке 2 отмечены пространственные взаимовлияния регионов, входящих в зону влияния ведущих научно-исследовательских центров, но напрямую с ними не связанных. Данные взаимовлияния были установлены в ходе тестирования причинно-следственных взаимосвязей регионов методом Грэнджера и регрессионного анализа, однако не были подтверждены сформированными матрицами пространственных взаимовлияний Л. Анселина. Высокий уровень концентрации научно-исследовательских кадров в отдельных регионах центральной части России и отсутствие тесных пространственных взаимовлияний между ними и окружающими их регионами подтверждают выдвинутую нами гипотезу. Отсутствие тесных межрегиональных взаимосвязей способствует углублению пространственной неоднородности развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности России, дальнейшему его наращиванию в центральной части страны. В четырех регионах России, которые в ходе исследования были отнесены к ведущим научно-исследовательским центрам с высоким уровнем пространственного влияния на окружающие регионы, а именно г. Москве, г. Санкт-Петербурге, Московской и Нижегородской областях, сконцентрировано 60,5 % всех научно-исследовательских кадров России (табл. 4).

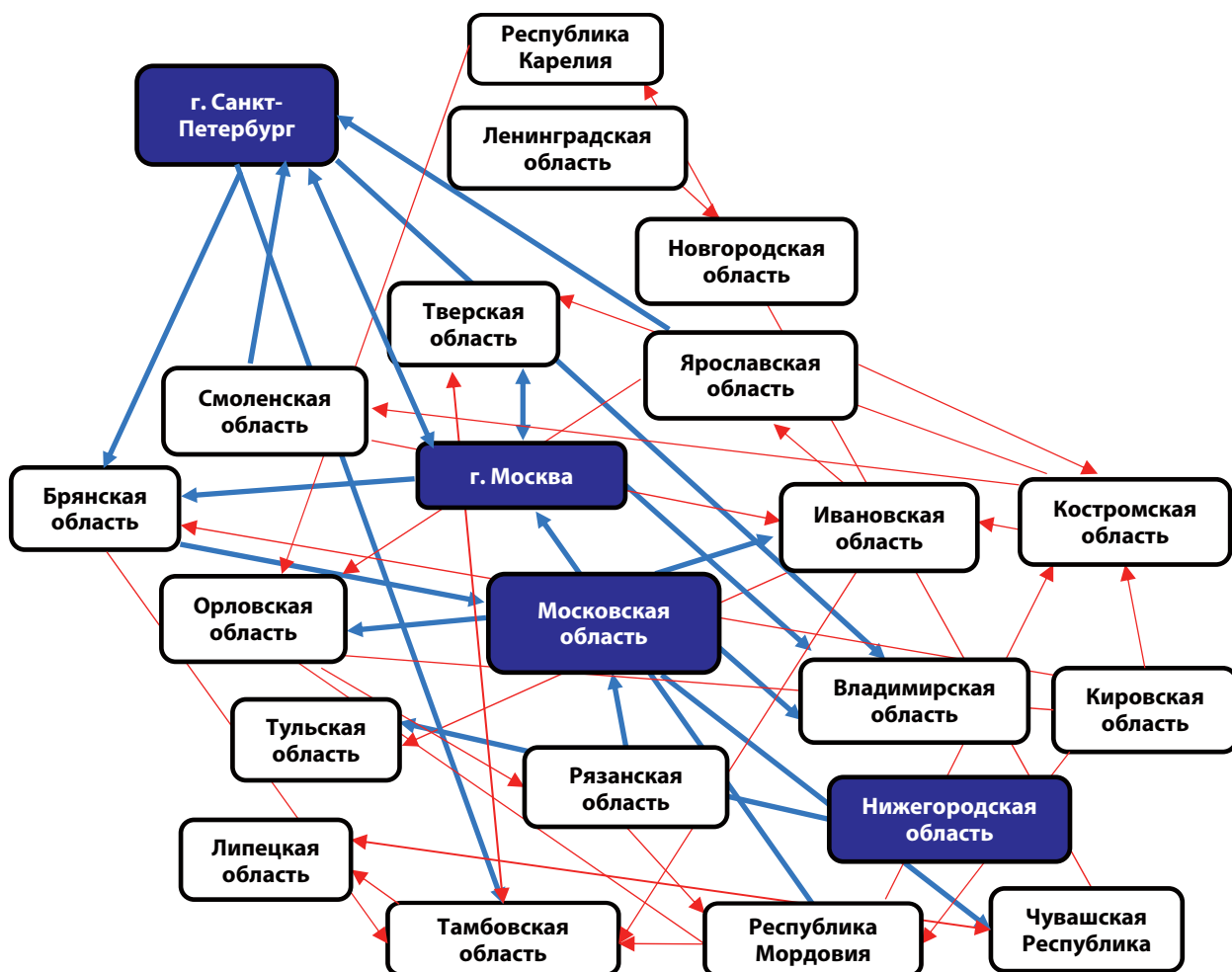


Рис. 2. Подтвержденные регрессионным анализом пространственные взаимодействия регионов в процессах развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности России за период с 1995 г. по 2021 г. (источник: составлено авторами)

Fig. 2. Interregional spatial interactions in the development of research personnel in Russia for the period 1995–2021, confirmed by regression analysis

Таблица 4

Динамика изменения уровня концентрации исследовательских кадров в регионах России за период 1995–2021 гг., %

Table 4

Dynamics of changes in the concentration of research personnel in Russian regions, 1995–2021, %

Регион	Динамика изменения уровня концентрации исследовательских кадров в регионе по годам					
	1995	2000	2005	2010	2015	2021
<i>Центры значительной концентрации научно-исследовательских кадров, имеющие тесные взаимосвязи с окружающими регионами</i>						
г. Москва	31,79	31,18	30,87	32,75	32,43	31,10
Московская область	10,37	11,33	10,91	11,48	11,62	12,52
г. Санкт-Петербург	13,33	11,08	10,80	10,84	10,71	10,63
Нижегородская область	3,47	5,44	6,12	5,52	5,41	6,27
Всего по группе регионов	58,96	59,03	58,71	60,59	60,17	60,52
<i>Регионы, обладающие пространственными взаимодействиями с научно-исследовательскими центрами</i>						
Брянская, Смоленская, Орловская, Тульская, Липецкая, Тамбовская, Рязанская, Тверская, Владимирская, Кировская, Костромская, Ивановская, Новгородская, Ярославская, Ленинградская области, Республика Карелия, Республика Мордовия, Республика Чувашия	7,52	7,16	6,67	5,48	5,88	5,55

Источник: составлено авторами.

За период с 1995 г. по 2021 г. наблюдался устойчивый рост концентрации научно-исследовательских кадров в данной группе регионов. В регионах, входящих в зону их влияния, в настоящее время сконцентрировано 5,6 % всех научно-исследовательских кадров и за отмеченный период их удельный вес сократился на 2 процентных пункта.

В десяти регионах, отличающихся высокой численностью научно-исследовательских кадров, но не обладающих тесными пространственными взаимовлияниями с окружающими регионами, например, в Новосибирской, Томской, Свердловской, Челябинской областях, Пермском и Красноярском крае и других регионах, в настоящее время сконцентрировано 19,1 % научно-исследовательских кадров России.

Высокий уровень пространственной неоднородности развития в России кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности связан с тем, что при пространственном планировании экономики долгое время использовалась и до сих пор используется теория полюсов роста, предполагающая концентрацию значительных ресурсов в регионах — точках роста. В результате ее реализации в центральной части России, в г. Москве, г. Санкт-Петербурге, Московской и Нижегородской областях, которые нами были отнесены к центрам концентрации научно-исследовательских кадров, в настоящее время располагается 37,1 % всех научно-исследовательских организаций России. Значительная часть научных организаций (10,4 %) сконцентрирована и в окружающих их регионах, с которыми, как показало наше исследование, данные полюса роста тесно взаимосвязаны. Незначительный рост их концентрации в данной группе регионов подтверждает наличие пространственных взаимовлияний между ними и сформировавшимся пространственным кластером центральных регионов.

В регионах, не связанных тесными пространственными взаимовлияниями с центрами концентрации научно-исследовательских кадров, наоборот, наблюдалось значительное сокращение численности научных организаций. Их уровень концентрации в Новосибирской области с 2000 г. по 2021 г. сократился с 3,4 до 2,8 %, Свердловской области — с 3,4 до 3,0 %, Ростовской области — с 2,7 до 2,2 %, Республике Башкортостан — с 2,1 до 1,9 %, Волгоградской области — с 1,5 до 1,1 %, Самарской области — с 1,5 до 1,3 %, Тюменской области — с 1,4 до 0,8 %. Только в отдельных

регионах, отнесенных нами к пространственным кластерам со значительным кадровым потенциалом научно-исследовательской деятельности, наблюдался рост уровня концентрации научно-исследовательских организаций. Так, в Республике Татарстан уровень их концентрации с 2000 г. по 2021 г. вырос с 2,5 до 3,0 %, в Краснодарском крае — с 1,5 до 2,5 %, Пермском крае — с 1,4 до 1,6 % и Челябинской области — с 1,0 до 1,5 %.

Фактором, способствующим перемещению исследовательских кадров в пространственный кластер центральных регионов (г. Москва, г. Санкт-Петербург, Московскую и Нижегородскую области) из окружающих регионов, является развитая научная инфраструктура, представленная венчурными фондами и технопарками, именно здесь располагается значительная часть функционирующих наукоградов и технополисов (38,1 % всех объектов научной инфраструктуры) (табл. 5). В регионах, обладающих тесными пространственными взаимовлияниями с пространственным кластером центральных регионов, сконцентрировано всего 15,1 % всех объектов научной инфраструктуры. Мощной научной инфраструктурой обладают и другие регионы, формирующие пространственные кластеры со значительным кадровым потенциалом научно-исследовательской деятельности, например, Республика Татарстан, в которой сконцентрировано 5 % всех объектов данной инфраструктуры, Свердловская область (3,7 %), Республика Башкортостан (2,3 %), Челябинская область (2,3 %), Новосибирская область (1,8 %). Однако, как показало наше исследование, данные регионы не обладают тесными пространственными взаимовлияниями с окружающими регионами и уровень концентрации научно-исследовательских кадров в них повышается очень умеренными темпами.

Значительное влияние на процессы перемещения научно-исследовательских кадров в пространственный кластер центральных регионов, прежде всего из окружающих регионов, оказывает объем выделяемого финансирования на проведение научных исследований и разработок. По данным 2021 г. в данных регионах было сконцентрировано 66,7 % всех осуществляемых в России затрат на научные исследования и разработки (табл. 5). За исследуемый период времени уровень их концентрации только возрастал, тогда как в регионах, находящихся в зоне их влияния, он снижался. Значительное сокращение уровня концентрации выделяемого финансирования научно-ис-

Таблица 5

Факторы развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности в субъектах РФ и индикаторы эффективности его использования, %

Table 5

Factors for the development of research personnel in Russian regions and efficiency indicators

Регион	Уровень концентрации в регионе								
	научно-исследовательских организаций РФ		объектов научной инфраструктуры*	заграта на научные исследования и разработки		разработанных передовых технологий		выданных патентов на изобретения	
	2000	2021		2021	2000	2021	2000	2021	2000
<i>Центры концентрации кадров</i>									
г. Москва	22,0	20,4	16,1	33,1	36,1	17,0	20,9	29,3	28,5
Московская обл.	5,8	6,2	15,6	11,4	11,9	6,0	10,0	6,5	6,6
г. Санкт-Петербург	11,4	8,2	5,0	11,6	11,9	9,4	14,8	8,3	10,0
Нижегородская обл.	2,5	2,3	1,4	6,5	6,7	4,7	0,9	2,7	1,7
Всего по группе	41,8	37,1	38,1	62,5	66,7	37,1	46,5	46,8	46,8
<i>Регионы, обладающие пространственными взаимовлияниями с центрами концентрации кадров</i>									
Брянская обл.	0,8	0,4	0,0	0,1	0,0	0,4	0,4	0,2	0,2
Смоленская обл.	0,4	0,6	0,0	0,1	0,2	0,3	0,0	0,3	0,2
Орловская обл.	0,6	0,5	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,6	0,3
Тульская обл.	0,8	0,7	0,9	0,6	0,7	2,3	0,0	1,2	0,7
Липецкая обл.	0,4	0,5	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5	0,3
Тамбовская обл.	0,6	0,8	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,5	0,5
Рязанская обл.	0,4	0,6	0,9	0,3	0,1	1,3	0,6	0,9	0,8
Тверская обл.	1,3	0,8	1,4	0,7	0,4	1,9	0,0	0,7	0,5
Владимирская обл.	0,9	0,7	2,8	0,5	0,4	1,2	0,5	0,6	0,7
Кировская обл.	0,5	0,6	0,5	0,1	0,3	0,0	0,0	0,4	0,5
Костромская обл.	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,3
Ивановская обл.	0,8	0,5	0,0	0,1	0,1	0,0	0,5	0,5	0,3
Новгородская обл.	0,3	0,3	1,4	0,1	0,1	0,4	0,5	0,2	0,2
Ярославская обл.	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,2	0,6	0,6
Ленинградская обл.	0,4	0,6	0,0	0,6	0,8	1,0	1,8	1,1	0,4
Респ. Карелия	0,3	0,5	1,8	0,1	0,1	1,0	0,0	0,0	0,2
Респ. Мордовия	0,3	0,5	1,4	0,1	0,1	0,1	0,7	0,2	0,2
Чувашская Респ.	0,3	0,7	1,4	0,1	0,2	0,0	0,0	0,3	0,4
Всего по группе	10,2	10,4	15,1	4,6	4,3	11,2	5,3	9,0	7,4

Примечание: Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики.

* Научная инфраструктура — венчурные фонды, технопарки, технополисы, наукограды. Источники: Перечень — список технопарков России. https://russiaindustrialpark.ru/tehnopark_catalog_perecheny_spisok_russia. Наукограды России. https://ru.wikipedia.org/wiki/Наукограды_России. Региональные венчурные фонды <https://бизнес-ментор.пф/tools/32/> <https://pandia.ru/text/77/482/7337.php>.

следовательской деятельности наблюдалось и в регионах, формирующих пространственные кластеры со значительным кадровым потенциалом, но отсутствующими пространственными взаимовлияниями с окружающими регионами, в частности, в Новосибирской области (с 2,5 до 1,3 %), Свердловской области (с 2,9 до 2,6 %), Ростовской области (с 1,6 до 1,2 %), Самарской области (с 3,2 до 2,1 %), Воронежской области (с 1,2 до 0,9 %), Челябинской области (с 2,5 до 1,5 %). Только в двух регионах, относящихся к таким регионам, наблюдался незначительный рост концентрации финансовых ресурсов на научные исследования, в Республике

Татарстан (их уровень концентрации вырос с 1,5 в 2000 г. до 1,8 % к 2021 г.), Пермском крае (с 1,5 до 1,7 %).

Результатом усиления пространственной неоднородности размещения кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности в России стала значительная концентрация генерируемых передовых производственных технологий и объектов интеллектуальной собственности (патентов на изобретения и полезные модели) в центральных регионах. Если в 2000 г. в данных регионах разрабатывалось 37,1 % всех передовых технологий, то к концу 2021 г. — 46,5 %. В окружающих их регионах уро-

вень концентрации разрабатываемых технологий снизился с 11,2 до 5,3 %, а уровень концентрации получаемых патентов на изобретения — с 9,0 до 7,4 %. В регионах, относящихся к пространственным кластерам без тесных пространственных взаимовлияний, наблюдалось значительное сокращение уровня концентрации генерируемых передовых производственных технологий, например, в Свердловской области с 7,6 до 6,7 %, Ростовской области — с 2,2 до 1,8 %, Воронежской области — с 3,1 до 1,2 %. Только в четырех регионах с активным развитием кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности за рассматриваемый период повысился уровень концентрации генерируемых технологий: в Республике Татарстан — с 0,1 до 3,7 %, Республике Башкортостан — с 0,7 до 2,6 %, Пермском крае — с 1,9 до 2,8 % и Челябинской области — с 1,7 до 5,0 %. Как показал статистический анализ, указанные регионы активно привлекали финансовые ресурсы для осуществления научно-исследовательской деятельности, развивали научную инфраструктуру. Возможно, развитие тесных взаимодействий с окружающими регионами способствовало бы более активному развитию кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности в данных регионах.

Выводы

В ходе исследования был разработан методический подход, позволяющий оценить пространственную неоднородность локализации кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности регионов России. Данный подход базируется на применении пространственного автокорреляционного анализа, матриц Анселина с учетом различных систем измерения расстояний между регионами, теста Грэнджера на казуальность и временных регрессионных моделей межрегиональных взаимовлияний, оценке уровня концентрации факторов развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности в субъектах РФ и индикаторов эффективности его использования. В отличие от других исследований, в представленном подходе осуществляется использование различных матриц простран-

ственных весов (смежных границ, линейных расстояний, матриц по автомобильным дорогам, по железнодорожным путям сообщений, а также их стандартизированных версий) в автокорреляционном анализе межрегиональных пространственных взаимовлияний, а также системное использование различных методов для их подтверждения.

В результате апробации методического подхода были определены основные центры локализации кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности России (г. Москва, г. Санкт-Петербург, Московская, Нижегородская, Воронежская, Ростовская, Самарская, Свердловская, Челябинская, Новосибирская и Томская области, Пермский край и Республика Татарстан), установлены пространственные взаимовлияния по методике Л. Анселина между регионами Центральной части России. Тестирование причинно-следственных взаимосвязей между данными регионами методом Грэнджера и регрессионным анализом за период с 1995 г. по 2021 г. позволило определить наиболее устойчивые пространственные взаимовлияния между кадровым потенциалом научно-исследовательской деятельности г. Москвы и г. Санкт-Петербурга, Тверской, Брянской и Владимирской областей; Московской и Ивановской, Владимирской, Орловской областей и Чувашской Республики; Нижегородской и Тульской областей; г. Санкт-Петербурга и Тамбовской, Брянской, Владимирской, Смоленской и Ярославской областей. Пространственные взаимовлияния между регионами Урала, Поволжья и Сибири не были установлены и это, наряду с возрастающей динамикой концентрации научно-исследовательских кадров в центральных регионах, способствует углублению пространственной неоднородности развития кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности России. Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы органами государственной власти для разработки политики, направленной на сглаживание пространственной неоднородности размещения кадрового потенциала научно-исследовательской деятельности.

Список источников

- Абдуллин, А. Р. (2013). Кадровый потенциал науки: введение в проблематику и постановка задачи исследования. *Науковедение*, 1, 01НВН113.
- Аверина, Л. М., Сиротин, Д. В. (2020). Оценка пространственных эффектов от инновационной активности промышленно развитых регионов РФ. *Экономика региона*, 16(1), 268-282. DOI: 10.17059/2020-1-20
- Айюбова, Н. С. (2022). Эконометрический анализ и моделирование динамики развития платежного баланса в Азербайджане. *Статистика и экономика*, 19(2), 14-22. DOI: 10.21686/2500-3925-2022-2-14-22

- Балаш, О. С. (2012). Эконометрическое моделирование пространственных взаимодействий. *Известия Саратовского университета. Сер. Экономика. Управление. Право*, 3, 30-35.
- Варшавский, Л. Е. (2006). Проблемы развития кадрового потенциала науки. *Наука. Инновации. Образование*, 1, 90-103.
- Григорьев, Р. А. (2019). Грейнджеровская причинность для мировых бирж: множество решений. *Terra Econotomicus*, 17(3), 146-168. DOI: 10.23683/2073-6606-2019-17-3-146-168
- Дубовик, М. В., Дмитриев, С. Г. (2022). Корреляционный анализ валового регионального продукта и отраслей региональной экономики. *Вестник РЭУ им. Г. В. Плеханова*, 19(3), 109-118. DOI: 10.21686/2413-2829-2022-3-109-118
- Дубровин, С. С. (2009). Исследование причинно-следственных связей при операциях на фондовом рынке. *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки*, 2, 167-173.
- Евстигнеева, Л. М., Киселева, В. В. (2016). Создание инноваций и международная торговля: причина или следствие? *Инновации*, 12(218), 49-55.
- Зайцева, Е. В., Запарий, В. В., Ключев, А. К., Кульпин, С. В., Шкурин, Д. В. (2016). *Организационно-кадровый потенциал университета: методология и методика измерения*. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 215.
- Зырянов, В. В., Мосичева, И. А., Прудникова, М. В. (2018). Кадровый потенциал современной российской науки. В: *Исследователь XXI века: формирование компетенций в системе высшего образования* (с. 143-174). Москва: Геоинфо.
- Красова, Е. В. (2019). Тенденции и проблемы развития кадрового потенциала научно-исследовательской инфраструктуры Дальневосточного федерального округа. Территория новых возможностей. *Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса*, 11(4), 180-192.
- Лукиянова, Р. Р. (2010). Оценка кадрового потенциала инновационной деятельности в регионе. *Экономика региона*, 1, 61-65.
- Мазилов, Е. А. (2021). Проблемы развития кадрового потенциала российской науки: региональный аспект. *Проблемы развития территории*, 25(5), 7-20. DOI: 10.15838/ptd.2021.5.115.1
- Наумов, И. В. (2021). Исследование и моделирование пространственной локализации и перемещения банковского капитала. *Экономика. Налоги. Право*, 14(6), 41-51. DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-6-41-51
- Павлов, Ю. В., Королева, Е. Н. (2014). Пространственные взаимодействия: оценка на основе глобального и локального индексов Морана. *Пространственная экономика*, 3, 95-110.
- Петров, М. Б., Серков, Л. А., Кожов, К. Б. (2021). Моделирование гетерогенности взаимовлияния регионов страны в сфере обрабатывающей промышленности. *Экономика региона*, 17(3), 944-955. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-3-16
- Саргсян, Л. Н. (2019). Анализ двусторонней причинно-следственной связи между экономическим ростом, экспортом и притоком прямых иностранных инвестиций в Армении. В: *Наука и инновации — современные концепции: сборник научных статей Международного научного форума* (с. 28-33). Москва: Инфинити.
- Серков, Л. А., Петров, М. Б., Кожов, К. Б. (2021). Пространственное моделирование взаимодействия регионов Российской Федерации и Республики Беларусь в сфере обрабатывающей промышленности. *Journal of Applied Economic Research*, 20(2), 217-240. DOI: 10.15826/vestnik.2021.20.2.010
- Скрипнюк, Д. Ф., Киккас, К. Н. (2016). Анализ причинно-следственных связей реального и финансового секторов мировой экономики. *Экономика и социум: современные модели развития*, 6(4), 103-114.
- Тимирьянова, В. М. (2020). Оценка пространственной зависимости объема отгруженной продукции в динамике. *Статистика и экономика*, 17(5), 49-58. DOI: 10.21686/2500-3925-2020-5-49-58
- Abar, H. (2022). An analysis of causal relationship between economic growth and financial development for Turkey: A MODWT — Granger causality test. *Economics and Business Review*, 8(22), 59-81. DOI: 10.18559/eb.2022.3.4
- Abdullah, R. & Nasirin, W. (2022). Types of linkages between Islamic bank financing, interest rate and economic growth factors: evidence from Aceh province with granger causality test. *Al-Bay' : Journal of Sharia Economic and Business*, 1(2), 44-54. DOI: 10.24952/bay.v1i2.6001.
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 304.
- Fischer, M. M. & Griffith, D. A. (2008). Modeling spatial autocorrelation in spatial interaction data: An application to patent citation data in the European Union. *Journal of Regional Science*, 48(5), 969-989. DOI: 10.1111/j.1467-9787.2008.00572.x.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.
- Kivi, L. & Paas, T. (2021). Spatial interactions of employment in European labour markets. *Eastern Journal of European Studies*, 12, 196-211. DOI: 10.47743/ejes-2021-S109.
- Magaji, S., Abubakar, M. M. & Temitope, Y. A. (2022). Impact of International Trade On Economic Growth: The Granger Causality Test Approach. *International Journal of Accounting and Management Sciences*, 1(2), 113-130. DOI: 10.56830/NUCB7716.
- Moran, P. (1948). The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society*, 10, 243-251. DOI: 10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x.

Myasnikov, A. (2018). *Maximum likelihood and generalized least squares estimation of spatial lag models with endogenous spatial coefficients: a Monte Carlo simulation*. MPRA, Paper No. 86696. Retrieved from: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/86696/> (Date of access: 10.02.2023).

Ren, X., Li, J. & Shi, Y. (2022). Can digital economic attention spillover to financial markets? Evidence from the time-varying Granger test. *Journal of Digital Economy*, 1, 102-116. DOI: 10.1016/j.jdec.2022.11.002.

Willekens, F. (1983). Log-Linear Modeling of Spatial Interaction. *Papers in Regional Science*, 52(1), 187-205. DOI: 10.1111/j.1435-5597.1983.tb01658.x.

References

Abar, H. (2022). An analysis of causal relationship between economic growth and financial development for Turkey: A MODWT — Granger causality test. *Economics and Business Review*, 8(22), 59-81. DOI: 10.18559/ebr.2022.3.4

Abdullah, R. & Nasirin, W. (2022). Types of linkages between Islamic bank financing, interest rate and economic growth factors: evidence from Aceh province with granger causality test. *Al-Bay': Journal of Sharia Economic and Business*, 1(2), 44-54. DOI: 10.24952/bay.v1i2.6001.

Abdullin, A. R. (2013). Personnel potential of science: introduction in the perspective and the research problem definition. *Naukovedenie*, 1, 01NVN113. (In Russ.)

Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 304.

Averina, L. M. & Sirotin, D. V. (2020). Assessment of Spatial Effects from Innovation Activities in the Industrialized Russian Regions. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 16(1), 268-282. DOI: 10.17059/2020-1-20 (In Russ.)

Ayyubova, N. S. (2022). Econometric analysis and modeling of the dynamics of the balance of payments' development in Azerbaijan. *Statistika i ekonomika [Statistics and Economics]*, 19(2), 14-22. DOI: 10.21686/2500-3925-2022-2-14-22. (In Russ.)

Balash, O. S. (2012). Econometric Modeling of Spatial Interaction. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Ser. Ekonomika. Upravlenie. Pravo [Izvestiya of Saratov university. economics. management. law]*, 12(3), 30-35. (In Russ.)

Dubovik, M. V. & Dmitriev, S. G. (2022). Correlation Analysis of Gross Regional Product and Industries of Regional Economy. *Vestnik REU im. G. V. Plekhanova [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics]*, 19(3), 109-118. DOI: 10.21686/2413-2829-2022-3-109-118. (In Russ.)

Dubrovin, S. S. (2009). Research of cause-effect relation at operations on the stock market. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki [Izvestiya Tula State University. Natural Sciences]*, 2, 167-173. (In Russ.)

Evstigneeva, L. M. & Kiseleva, V. V. (2016). Creating innovation and international trade: cause or consequence? *Innovatsii [Innovations]*, 12(218), 49-55. (In Russ.)

Fischer, M. M. & Griffith, D. A. (2008). Modeling spatial autocorrelation in spatial interaction data: An application to patent citation data in the European Union. *Journal of Regional Science*, 48(5), 969-989. DOI: 10.1111/j.1467-9787.2008.00572.x.

Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.

Grigoryev, R. A. (2019). Granger causality among world stock markets: multiple solutions. *Terra Economicus*, 17(3), 146-168. DOI: 10.23683/2073-6606-2019-17-3-146-168. (In Russ.)

Kivi, L. & Paas, T. (2021). Spatial interactions of employment in European labour markets. *Eastern Journal of European Studies*, 12, 196-211. DOI: 10.47743/ejes-2021-SI09.

Krasova, E. V. (2019). Trends and problems in development of the research infrastructure personnel potential in Far Eastern Federal District. *Territoriya novykh vozmozhnostey. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa [Territory of new opportunities. Bulletin of the Vladivostok State University of Economics and Service]*, 11(4), 180-192. (In Russ.)

Lukyanova, R. R. (2010). Assessment of human resources for regional innovation activity. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 1, 61-65. (In Russ.)

Magaji, S., Abubakar, M. M. & Temitope, Y. A. (2022). Impact of International Trade On Economic Growth: The Granger Causality Test Approach. *International Journal of Accounting and Management Sciences*, 1(2), 113-130. DOI: 10.56830/NUCB7716.

Mazilov, E. A. (2021). Problems of developing personnel potential of Russian science: regional aspect. *Problemy razvitiya territorii [Problems of territory's development]*, 25(5), 7-20. DOI: 10.15838/ptd.2021.5.115.1. (In Russ.)

Moran, P. (1948). The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society*, 10, 243-251. DOI: 10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x.

Myasnikov, A. (2018). *Maximum likelihood and generalized least squares estimation of spatial lag models with endogenous spatial coefficients: a Monte Carlo simulation*. MPRA, Paper No. 86696. Retrieved from: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/86696/> (Date of access: 10.02.2023).

Naumov, I. V. (2021). Research and modeling of spatial localization and movement of bank capital. *Ekonomika. Nalogi. Pravo [Economics, taxes & law]*, 14(6), 41-51. DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-6-41-51. (In Russ.)

Pavlov, Yu. V. & Koroleva, E. N. (2014). Spatial interactions: evaluation with the help of global and local Moran's index. *Prostranstvennaya ekonomika [Spatial Economics]*, 3, 95-110. (In Russ.)

Petrov, M. B., Serkov, L. A. & Kozhov, K. B. (2021). Modelling the Heterogeneity of the Mutual Influence between Russian Regions in the Manufacturing Industry. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 17(3), 944-955. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-3-16. (In Russ.)

Ren, X., Li, J. & Shi, Y. (2022). Can digital economic attention spillover to financial markets? Evidence from the time-varying Granger test. *Journal of Digital Economy*, 1, 102-116. DOI: 10.1016/j.jdec.2022.11.002.

Sargsyan, L. N. (2019). Analysis of the bilateral causality relationship between economic growth, export and the inflow of foreign direct investment in Armenia. In: *Nauka i innovatsii — sovremennye kontseptsii: sbornik nauchnykh statey Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma [Science and innovation — modern concepts: a collection of scientific articles on the results of the International Scientific Forum]* (pp. 28-33). Moscow: Infiniti Publishing House. (In Russ.)

Serkov, L. A., Petrov, M. B. & Kozhov, K. B. (2021). Modeling the Interaction of the Regions of Russia and the Republic of Belarus in the Sphere of the Processing Industry. *Journal of Applied Economic Research*, 20(2), 217-240. DOI: 10.15826/vestnik.2021.20.2.010. (In Russ.)

Skripnyuk, D. F. & Kikkas, K. N. (2016). Analysis of cause-and-effect relationships of the real and financial sectors of the world economy. *Ekonomika i sotsium: sovremennye modeli razvitiya [Economics and society: contemporary models of development]*, 6(4), 103-114. (In Russ.)

Timiryanova, V. M. (2020). Assessing the Spatial Dependence of the Shipped Products Volume in Dynamics. *Statistika i ekonomika [Statistics and Economics]*, 17(5), 49-58. DOI: 10.21686/2500-3925-2020-5-49-58. (In Russ.)

Varshavsky, L. E. (2006). Problems of development of the human resources potential of science. *Nauka. Innovatsii. Obrazovanie [Science. Innovation. Education]*, 1, 90-103. (In Russ.)

Willekens, F. (1983). Log-Linear Modeling of Spatial Interaction. *Papers in Regional Science*, 52(1), 187-205. DOI: 10.1111/j.1435-5597.1983.tb01658.x.

Zaytseva, E. V., Zapariy, V. V., Klyuyev, A. K., Kulpin, S. V. & Shkurin, D. V. (2016). *Organizatsionno-kadrovyy potentsial universiteta: metodologiya i metodika izmereniya [Organizational and personnel potential of the university: methodology and measurement technique]*. Ekaterinburg: Ural University Publishing House, 215. (In Russ.)

Zyryanov, V. V., Mosicheva, I. A., Prudnikova, M. V. (2018). Personnel potential of modern Russian science. In: *Issledovatel XXI veka: formirovanie kompetentsiy v sisteme vysshego obrazovaniya [Researcher of the XXI century: the formation of competencies in the system of higher education]* (pp. 143-174). Moscow: Geoinfo. (In Russ.)

Информация об авторах

Наумов Илья Викторович — кандидат экономических наук, доцент, заведующий лабораторией моделирования пространственного развития территорий, Институт экономики УрО РАН; Scopus Author ID: 57204050061; <http://orcid.org/0000-0002-2464-6266> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: naumov.iv@uiec.ru).

Никulina Наталья Леонидовна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования пространственного развития территорий, Институт экономики УрО РАН; Scopus Author ID: 55960144700; <http://orcid.org/0000-0002-6882-3172> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: nikulina.nl@uiec.ru).

About the authors

Ilya V. Naumov — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Head of the Laboratory of Modelling the Spatial Development of the Territories, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; Scopus Author ID: 57204050061; <http://orcid.org/0000-0002-2464-6266> (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: naumov.iv@uiec.ru).

Natalia L. Nikulina — Cand. Sci. (Econ.), Senior Research Associate, Laboratory of Modelling the Spatial Development of the Territories, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; Scopus Author ID: 55960144700; <http://orcid.org/0000-0002-6882-3172> (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: nikulina.nl@uiec.ru).

Дата поступления рукописи: 13.02.2023.

Прошла рецензирование: 05.05.2023.

Принято решение о публикации: 15.06.2023.

Received: 13 Feb 2023.

Reviewed: 05 May 2023.

Accepted: 15 Jun 2023.