

<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-4-11>

УДК: 330.43, 332.14

JEL: C38, O35, R10

Ю.Г. Мыслякова<sup>а)</sup>  , А.В. Мартыненко<sup>б)</sup> <sup>а, б)</sup> Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, Российская Федерация

## Научно-исследовательские связи регионов России: библиометрический анализ<sup>1</sup>

**Аннотация.** Укрепление научно-исследовательских связей регионов, отвечающих за снижение барьеров распространения знаний между ними, а также усиление эндогенного взаимодействия субъектов хозяйствования для совместного решения технологических проблем страны, является одной из важных стратегических задач развития национальной экономики. Целью исследования является разработка и апробация методического подхода к анализу научно-исследовательских связей регионов, выявляющего интенсивность межрегионального сотрудничества в контексте географической близости авторов, количества совместных статей, а также схожести тематик исследований. Методическую базу исследования составляет библиометрический анализ 1 846 статей, опубликованных в 2023 году в 53 российских рецензируемых экономических журналах, с общим количеством авторов 3 102 человека. Для определения схожести тематик статей использовался текстовый анализ аннотаций, основанный на применении меры TF-IDF и косинусном сходстве. В качестве основных результатов исследования выявлены следующие корреляции: расстояние между регионами оказывает незначительное влияние как на связанность научного экономического пространства, так и на уровень коллаборации между исследователями из разных регионов; связанность научного экономического пространства (как на внутрирегиональном, так и на межрегиональном уровне) напрямую зависит от уровня коллаборации между исследователями, причем на межрегиональном уровне эта зависимость проявляется в большей степени, чем на внутрирегиональном. Также на основе анализа определены условия укрепления научно-исследовательских связей регионов, а именно выстраивание научно-исследовательских сетей с учетом промышленно-технологической и научной специализации регионов, а также наделение драйверной ролью крупных «научных» регионов (по показателю количества публикаций) и оказание поддержки в поиске и реализации новых форм их взаимодействия с другими территориями. Локомотивы научных исследований смогут развивать исследовательский потенциал регионов – участников научных коммуникаций и обеспечивать пространственное внедрение полученных результатов совместных проектов.

**Ключевые слова:** научно-исследовательские связи, связанность регионов, научное экономическое пространство, географическая близость, совместные статьи, научное взаимодействие, библиометрический анализ, текстовый анализ, мера TF-IDF, косинусное сходство

**Благодарность:** Статья выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ для ФГБУН Институт экономики УрО РАН на 2024 год, тема НИР № 0327–2024-0015 «Методология формирования новой модели устойчивого и экономически безопасного пространственного развития индустриальных регионов».

**Для цитирования:** Мыслякова, Ю.Г., Мартыненко, А.В. (2024). Научно-исследовательские связи регионов России: библиометрический анализ. *Экономика региона*, 20(4), 1145–1160. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-4-11>

<sup>1</sup> © Мыслякова Ю. Г., Мартыненко А. В. Текст. 2024.

## Research Connectivity of Russian Regions: A Bibliometric Analysis

Yuliya G. Myslyakova<sup>a)</sup>  , Alexander V. Martynenko<sup>b)</sup> 

<sup>a, b)</sup> Institute of Economics of the Ural Branch of RAS

**Abstract.** Improving connectivity between Russian regions to enhance knowledge sharing and business collaboration on national technological challenges is a key strategic goal for economic development. This study examines the research connectivity of Russian regions by looking at the publication activity of local authors, more specifically, geographic proximity, the number of co-authored articles, and the similarity of research topics shaping economic trends. The study employs bibliometric analysis of 1,846 articles published in 2023 across 53 Russian peer-reviewed economic journals, authored by 3,102 researchers. A textual analysis of article abstracts, using TF-IDF and cosine similarity measures, was conducted to determine the similarity of research topics. Key findings show that the distance between regions has minimal impact on the connectivity of the scientific economic space and researcher collaboration. Instead, connectivity is more strongly influenced by the level of collaboration, especially at the interregional level. Drawing on these findings, the study outlines strategies for improving regional connectivity, for example, developing research networks that align with regional industrial, technological, and scientific specializations. It also highlights the role of major “scientific” regions (based on their publication volume) and the importance of supporting collaboration between smaller regions and these leaders. These hubs can help develop regional research potential and facilitate the spatial implementation of joint project outcomes.

**Keywords:** research networks, connectivity of regions, scientific economic space, geographical proximity, joint articles, scientific interaction, bibliometric analysis, text analysis, TF-IDF measure, cosine similarity

**Acknowledgement.** This paper was prepared as part of the state assignment from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation to the Institute of Economics, Ural Branch of RAS (2024), research topic No. 0327–2024-0015: “Methodology for the Formation of a New Model of Sustainable Economic and Spatial Development of Industrial Regions”.

**For citation:** Research connectivity of Russian regions: bibliometric analysis. *Ekonomika regiona / Economy of Regions*, 20(4), 1145–1160. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-4-11>

### Введение

В настоящее время снижение барьеров для распространения технологий и инноваций в регионах, а также усиление эндогенного взаимодействия субъектов хозяйствования для совместного решения общих экономических проблем страны в целом являются важнейшими стратегическими задачами развития национальной экономики (Зубаревич, 2014). Одним из вариантов ее решения служит укрепление научно-исследовательских связей регионов, интегрирующих в себе различные каналы взаимодействия исследователей, участвующие в формировании целостного экономического пространства РФ, т. е. обеспечивающие связанность регионов.

А.Г. Гранберг связанность регионов рассматривает через призму интенсивности экономических связей между субъектами хозяйствования, реализуемых посредством транспортных и других коммуникационных сетей (Гранберг, 2003). Ю.С. Положенцева считает, что мерилom территориальной связанности выступает интенсивность обмена товарами, услугами и другими ресурсами субъектов хозяйствования (Положенцева, 2018). А.Г. Полякова и И.С. Симарова также характеризуют связанность регионов интенсивно-

стью социальных и хозяйственных взаимодействий элементов региональных систем, определяемых ресурсным потенциалом, поведенческими установками населения, экономической активностью субъектов хозяйствования (Полякова & Симарова, 2014а; Полякова & Симарова, 2014б). С.В. Макар также связанность раскрывает через интенсивность взаимодействий между центрами и периферийными территориями (Макар & Строев, 2023). Е.В. Уфимцева, И.В. Волчкова, С.А. Кириллова и О.Г. Кантор считают, что связанность регионов обусловлена социально-экономическими взаимодействиями между различными субъектами хозяйствования, определяющими включенность каждой территории в экономическое пространство страны, в том числе и мировое пространство (Уфимцева и др., 2016; Волчкова и др., 2017; Кириллова & Кантор, 2010).

Можно согласиться с мнением А.К. Черкашина о том, что уровень развитости регионального общества влияет на факторы связанности экономического пространства: одни регионы могут самостоятельно запускать агломерационные проекты и применять инновационные формы сотрудничества, а другие — лишь приспосабливаться к новой реальности. Опираясь на это утверждение,

можно предположить наличие вариативности видов связанности экономического пространства (ресурсно-природная, социальная, институциональная, финансово-экономическая и др.) (Черкашин, 2018), каждый из которых может выступать самостоятельным объектом исследований. По мнению зарубежных авторов (Wang, 2020; Häckner, 1990), можно дополнительно отметить инновационную связанность экономического пространства страны, которая проявляется в двойной циркуляции миграционных потоков, притягивающих талантливую молодежь, квалифицированных специалистов, а также экономически активное население с высшим образованием в крупные города регионов (Shi and other, 2024) в результате внедрения в жизнедеятельность их обществ новых технологий и запуска модернизационных процессов.

В то же время, если пространственное развитие национальной экономики в первую очередь рассматривать через призму минимизации барьеров экспансии инноваций и стимулирования разработки и внедрения новых отечественных технологий в регионах, то необходимо ввести в научный оборот еще один вид связанности, отражающий интенсивность межтерриториального сотрудничества ученых, а также условия для равномерной экспансии и внедрения нового знания в региональную практику хозяйствования. Такой вид связанности характеризует целостность научного пространства, одним из его результирующих показателей выступает публикационная активность российских авторов, которую необходимо рассматривать в разрезе как научных коммуникаций и соавторства, так и схожих направлений развития современной мысли, формирующих базовые экономические тренды развития страны. Эта гипотеза служит посылом для формулирования цели и задач данного исследования.

Целью работы являются разработка и апробация методического подхода к анализу научно-исследовательских связей регионов, выявляющего интенсивность межрегионального сотрудничества в контексте географической близости авторов, количества совместных статей, а также схожести тематик исследований. Данный подход позволит не только идентифицировать совместную публикационную активность исследователей, установить, влияет ли межрегиональное расстояние на интенсивность научного сотрудничества, но и зафиксировать наличие условий для целостного раз-

вития научного пространства национальной экономики.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) обосновать библиометрические показатели научно-исследовательских связей российских регионов;
- 2) разработать методический подход к анализу научно-исследовательских связей российских регионов;
- 3) апробировать методические рекомендации и наметить приоритетные формы укрепления научно-исследовательских связей российских регионов.

Научная новизна авторских разработок заключается в применении библиометрического анализа для определения интенсивности межрегионального научного сотрудничества и проектирования регионального каркаса научно-исследовательских связей, обеспечивающих пространственное развитие национальной экономики. Авторский методический подход и инструментарий также могут быть использованы для оценки влияния сети Интернет на пространственное развитие национальной экономики.

#### **Обоснование библиометрических показателей научно-исследовательских связей российских регионов**

Коллективное производство знаний обусловлено потребностью ученых в определённой интеграции различных баз знаний отдельных взятых экспертов и профессионалов разных научных областей. Такая потребность сначала возникла в технических науках, когда появилась необходимость интеграции знаний и прикладных компетенций для создания множества новых разнородных и наукоемких технологий (Adams et al., 2004). Зарубежная статистика свидетельствует о том, что еще в начале XX в. на соавторство приходилось лишь около 10 % всех публикаций в мире, к концу века этот процент вырос до 50 %. Рост совместных публикаций не ослабевает и в настоящее время (Frenken et al., 2005), а сотрудничество с целью создания нового знания не ограничивается локальным взаимодействием учёных, оно протекает в рамках научно-исследовательских связей, построенных на основе сетевого подхода, охватывающих различные организации, пересекающих географические границы регионов и стран (Katz, 1994), а также стирающих институциональные границы между научными учреждениями, промышленностью и органами власти

(Gibbons et al., 1994). Данные связи имеют две особенности:

1) соединяют научные сообщества, используя общие коды коммуникаций и практик;

2) активизируют сотрудничество таких институциональных единиц развития региональной и национальной экономики, как наука, предприятия и правительство.

Первая связующая особенность обусловлена растущей интернационализацией научных исследований, которая получила развитие благодаря широкому использованию Интернета (Шибаршина, 2017), становлению английского языка в качестве стандартного в большинстве дисциплин и быстрому снижению стоимости поездок на дальние расстояния (Wagner-Dobler, 2001). В то же время данные обстоятельства не могут полностью решить вопросы организации научного межтерриториального научного сотрудничества, поскольку расстояние между исследователями имеет большое значение. Об этом свидетельствовал в начале 2000-х гг. опыт стран ЕС, в рамках которого подавляющее большинство совместных исследований проводилось в национальных границах государств и имело характеристику медленной трансформации межрегиональной реализации в межстрановую (Frenken, 2002).

Исследования влияния географической близости ученых на вероятность их сотрудничества давно проводятся зарубежными авторами. Обнаружено, что географическая близость, а также язык и культура как индикаторы социальной близости являются одним из важных факторов, определяющих характер и результативность межрегионального сотрудничества (Okubo & Zitt, 2004; Frenken et al., 2009; Tijssen & van Leeuwen, 2007; Zucker et al., 1998). Обусловлено это тем, что сотрудничество часто начинается в результате неформальных бесед между коллегами (Allen, 1977). Чем ближе друг к другу находятся два потенциальных соавтора, тем выше вероятность неформального общения, которое приведет к сотрудничеству. L. M. Liang, L. Zhu, R. Danell, O. Persson, O. Ejermo, C. Karlsson, R. Ponds, J. S. Katz обнаружили, что научная кооперация экспоненциально снижается с увеличением расстояния между ними, а вероятность возникновения соавторства сокращается (Liang & Zhu, 2002; Danell & Persson, 2003; Ejermo & Karlsson, 2006; Ponds, 2009; Katz & Martin, 1997; Bozeman & Corley, 2004).

Еще одним наблюдением служат закономерности, выявленные W. Glanzel, O. Persson, R. Danell, которые на субнациональном уровне

исследований доказали, что интенсивность межстранового сотрудничества уменьшается с увеличением «размера» актора научно-исследовательской сети, измеряемого количеством и качеством публикаций (Glanzel, 2001; Persson et al., 2004). Для такого участника в большей степени важна местная специализация региона и внутренние динамические процессы (Cooke, 2005). Подобная переоценка эндогенных схем экономического развития служит тормозом и вызывает потерю конкурентных преимуществ в сравнении с «регионами знаний», которые генерируют новое знание и создают инновации из сложной комбинации эндогенных и экзогенных факторов научно-технологического развития регионов (Benaim et al., 2014).

Вторая особенность научно-исследовательских связей регионов подробно представлена в концепциях «региональная инновационная система» (Fornahl & Brenner, 2003) и «тройная спираль» (Ицковиц, 2010), отражающих институциональную гибридизацию производства знаний университетами, бизнесом и органами власти. Поскольку такое тройное сотрудничество лишь частично формализовано в виде договорных отношений, оно всегда дополняется частыми личными неформальными контактами и обменом знаниями между сотрудниками. Личные встречи будут иметь важное значение для создания доверия и минимизировать случаи возникновения конфликтов (Leydesdorff, 2003). Тем, кто находится в одном регионе, будет легче и проще выстраивать тройную спираль, чем тем, кто находится за его пределами, в результате меньших временных и финансовых затрат на организацию встреч и региональную укорененность (Frenken et al., 2010; Saxenian, 1994; Boschma, 2005). Т.е. отсутствие институциональной близости в отношениях между университетами, промышленностью и государством может быть компенсировано физической близостью территориального расположения акторов научно-исследовательской сети (Ponds et al., 2007).

Представленные особенности научно-исследовательских связей регионов позволяют в качестве их результирующих характеристик рассматривать не только количество источников и акторов генерации нового знания и создания открытых инноваций, но и связанность научного пространства национальной экономики в целом, которая проявляется на двух уровнях сотрудничества ученых и исследователей: индивидуальном и коллективном.

На индивидуальном уровне срабатывает механизм «успех порождает успех» (Newman, 2004). Успешные авторы с точки зрения публикационной продуктивности являются центрами научного и профессионального притяжения других авторов благодаря опыту и доступу к последним результатам исследований. Кроме того, репутация успешных авторов в некоторой степени распространяется и на их коллег. В результате успешные исследователи привлекают к себе большинство коллег, выбирая из них лучших. Таким образом, высокопродуктивные учёные, как правило, работают с другими высокопродуктивными учёными (Katz & Martin, 1997) или выступают наставниками молодых исследователей в рамках научных школ, идеологами которых они являются.

На коллективном уровне пространственное развитие национальной экономики происходит за счет научно-исследовательских сетей через предоставление доступа к экспертным знаниям (Thorsteinsdottir, 2000), к оборудованию или ресурсам, которых у одних акторов сетей нет, но есть у других участников коллабораций (Beaver, 2001; Meadows & O'Connor, 1971). Такая ресурсная взаимодополняемость будет стимулировать рост патентной или инновационной производительности (Bozeman & Corley, 2004; Herrmannova et al., 2023), сопровождающейся публикационной продуктивностью исследователей (Lotka, 1926; Vinayak et al., 2023), способствующей взаимному обогащению различных дисциплин (Katz, 1993).

Для анализа научно-исследовательских связей регионов в рамках сетевого подхода весьма активно используется инструментарий теории графов (Бредихин и др., 2021). Как правило, он находит применение в расчете параметров и анализе структуры сетей журналов, статей и авторов, в которых связи (ребра) отражают отношения цитирования и соавторства. Наиболее типичными задачами здесь являются расчет показателей центральности (Liu et al., 2005) (позволяют определять наиболее важные и влиятельные журналы, статьи и авторов), связанности (Моргун и др., 2020) (дают представление о связях между разными научными направлениями и сообществами) и кластеризации (Leydesdorff, 2004) вершин графа (выделяются научные школы и направления).

В то же время необходимо отметить, что графы применяются при проведении исследований и наблюдений на национальном и субнациональном уровнях, что не позволяет в полной мере выявлять региональные закономерности выстраивания научно-исследова-

тельских связей и оценивать их результативность. Поэтому в рамках авторского исследования предлагается анализировать научно-исследовательские связи российских регионов на базе библиометрических показателей, характеризующих связанность научного пространства через географическое расстояние между авторами, количество совместных статей в региональном срезе, а также схожесть научных тематик, представленных в этих статьях. Кроме того, считаем, что несмотря на то, что доказанным фактом является зависимость большего значения цитирования научных статей от межтерриториального соавторства, данный показатель является неинформативным для определения связанности регионов и скорее может выступать дополнительным индикатором результативности научно-исследовательских сетей. Вышесказанное актуализирует тему заявленного исследования и служит посылком для его проведения.

#### **Материалы и методы исследования научно-исследовательской связанности российских регионов**

Для проведения исследования были использованы статьи за 2023 г. из 53 научных журналов, входящих в список ВАК по экономическим специальностям, имеющие категории K1 и K2, размещенные в открытой российской научной электронной библиотеке «Киберленинка».

Большая часть из рассмотренных журналов имеет исключительно экономическую направленность, однако некоторые из них являются мультидисциплинарными. Из таких журналов отбирались только статьи по экономике. Объем полученной таким образом выборки составил 1846 статей с общим количеством различных авторов 3102 (распределение статей по количеству соавторов представлено в табл. 1).

По региональной принадлежности статьи распределяются крайне неравномерно. В частности, общее количество статей, в которых

Таблица 1

#### **Распределение статей по количеству соавторов**

Table 1

#### **Distribution of articles by the number of co-authors**

Кол-во соавторов	Статьи	
	Кол-во	%
1	845	45,8
2	593	32,1
3	298	16,1
4	88	4,8
5	15	0,8
6	7	0,4

Таблица 2  
 Распределение статей по регионам  
 Table 2  
 Distribution of articles by regions

Регион	Кол-во статей	Доля, %
Москва	919	49,8
Санкт-Петербург	190	10,3
Воронежская область	99	5,4
Свердловская область	83	4,5
Самарская область	80	4,3
Донецкая Народная Республика	69	3,7
Томская область	59	3,2
Саратовская область	48	2,6
Новосибирская область	39	2,1
Пензенская область	34	1,8

хотя бы один из соавторов из Москвы, составляет 919, т. е. почти половину всей выборки. Детальные данные по 10 регионам с самым большим количеством статей представлены в табл. 2.

Для выявления статей, близких по тематике, применялся текстовый анализ их аннотаций. В качестве инструмента использовались стандартные средства языка программирования Python вместе с библиотеками обработки текстов nltk и машинного обучения sklearn.

На первом этапе осуществлялась подготовка аннотаций — стандартная процедура удаления знаков препинания и стоп-слов (шумовых слов), т. е. слов или фраз, которые не несут никакой информации о содержании статьи. К таким словам относятся все предлоги, союзы, местоимения, наречия и другие семантически незначимые слова, например, «более», «был», «вдруг», «где», «если», «есть», «еще», «зачем», «является» и т. п. В библиотеке nltk есть встроенный список стоп-слов русского языка, в котором содержится 151 слово.

Далее для всех слов в аннотациях были применены процедуры нормализации текста: стемминг — приведение слова к его основной (корневой) форме с удалением окончаний и суффиксов — и лемматизация — приведение слова к его базовой, начальной форме (лемме). Например, слова «актуальный», «актуальное», «актуальные», «актуальная» в результате применения стемминга заменяются на слово «актуальн», а в результате применения лемматизации на слово «актуальный». Пример результата, получаемого после удаления стоп-слов и процедур нормализации, приведен в табл. 3.

В результате были получены два корпуса нормализованных аннотаций (один после нормализации стеммингом, второй — лемматизацией). Для анализа каждого из них использовался метод TF-IDF (Term Frequency–Inverse Document Frequency) (Михайлов и др., 2015; Оськина, 2016), который позволяет оценить важность слова в контексте документа, являющегося частью коллекции документов или корпуса. Он учитывает частоту употребления слова в документе и редкость его употребления во всей коллекции документов. Чем чаще слово встречается в документе и реже в остальных документах, тем выше его вес в рамках этого метода. Такой вес вычисляется по формуле 1 и 2:

$$TF-IDF(w, A) = TF(w, A) \cdot IDF(w), \quad (1)$$

$$IDF(w) = \log\left(\frac{N}{n(w)}\right), \quad (2)$$

где  $TF-IDF(w, A)$  — вес слова  $w$  в аннотации  $A$ ;  $TF(w, A)$  — частота слова  $w$  в аннотации  $A$ ;  $IDF(w)$  — обратная частота слова  $w$  во всей выборке аннотаций;  $N$  — общее количество аннотаций в выборке;  $n(w)$  — количество аннотаций, содержащих слово  $w$ .

Чтобы оценить, насколько близки аннотации по содержанию, они представляются в виде векторов одинаковой длины, компонентами которых являются веса  $TF-IDF$  всех слов из выборки (если аннотация не содержит слова, то соответствующая компонента вектора равна нулю). Это может быть сделано с помощью метода `TfidfVectorizer` из библиотеки `sklearn`. Затем между всеми возможными парами этих векторов вычисляются коэффициенты сходства, которые как раз и показывают содержательную близость аннотаций. В данной работе используется косинусное сходство, вычисляемое по формуле (3):

$$\text{CosSimilarity}(A_1, A_2) = \frac{\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2}{|\vec{v}_1| \cdot |\vec{v}_2|}, \quad (3)$$

где  $\text{CosSimilarity}(A_1, A_2)$  — косинусное сходство между аннотациями  $A_1$  и  $A_2$ ,  $\vec{v}_k$  — вектор весов  $TF-IDF$  аннотации  $A_k$ ,  $|\vec{v}_k|$  — модуль вектора  $\vec{v}_k$ .

Коэффициент сходства  $\text{CosSimilarity}(A_1, A_2)$  представляет собой косинус угла между векторами  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ . Поскольку координаты этих векторов неотрицательны, то  $\text{CosSimilarity}(A_1, A_2)$  принимает значения в промежутке от 0 до 1. Чем ближе он будет к 1, тем сильнее сходство между аннотациями. Соответственно, если он будет близок к 0, то это означает, что анно-

Таблица 3

Результат обработки текста удаления стоп-слов и нормализации

Table 3

Result of text processing (stopword removal and normalization)

Исходный текст аннотации	Текст после удаления стоп-слов и стемминга	Текст после удаления стоп-слов и лемматизации
<p>Применение теории хаоса в экономике связано с нарастающим уровнем неопределенности, а также внешними шоками, с которыми сталкиваются экономические системы. Целью данной статьи служит обзор и систематизация подходов к использованию теории хаоса в экономических исследованиях. Для достижения поставленной цели были сформулированы задачи, касающиеся раскрытия содержания понятия хаоса и его востребованности; выявления наиболее распространенных сфер исследования, в которых возможно применение теории хаоса.</p>	<p>применен теор хаос экономик связя нараста уровн неопределен также внешн шок котор сталкива экономическ систем цел дан стат служ обзор систематизац подход использован теор хаос экономическ исследован достижен поставлен цел сформулирова задач каса раскрыт содержан понят хаос востребован выявлен наибол распространен сфер исследован котор возможн применен теор хаос</p>	<p>применение теория хаос экономика связать нарастать уровень неопределённость также внешний шок, который сталкиваться экономический система цель дать статья служить обзор систематизация подход использование теория хаос экономический исследование достижение поставить цель сформулировать задача касаться раскрытие содержание понятие хаос востребованность выявление наиболее распространить сфера исследование который возможно применение теория хаос</p>

тации (а следовательно, и статьи) посвящены существенно разным темам.

Полученные значения косинусного сходства между аннотациями научных статей дают возможность оценить научно-исследовательскую связанность регионов в контексте формируемого сетями научного экономического пространства (СНЭП). В данной работе мы предлагаем несколько вариантов определения количественного значения (меры) СНЭП, см. формулы 4 и 5:

$$\begin{aligned} \text{СНЭП}_1(R_1, R_2) &= \\ &= \frac{1}{N_1 \cdot N_2} \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} \text{CosSimilarity}(A_i^1, A_j^2), \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{СНЭП}_2(R_1, R_2) &= \\ &= \frac{1}{N_1} \sum_{i=1}^{N_1} \max_{\substack{j=1, \dots, N_2 \\ A_i^1 \neq A_j^2}} \text{CosSimilarity}(A_i^1, A_j^2), \end{aligned} \quad (5)$$

где  $R_k$  – регион  $k$ ,  $A_i^k$  – аннотация  $i$ -й статьи из региона  $k$ ,  $N_k$  – количество статей из региона  $k$ .

Мера связанности  $\text{СНЭП}_1$  представляет собой среднее косинусное сходство между всеми аннотациями статей из региона  $R_1$  со всеми аннотациями статей из региона  $R_2$ . Такая мера симметрична, т. е.  $\text{СНЭП}_1(R_1, R_2) = \text{СНЭП}_1(R_2, R_1)$ . Для случая  $R_1 = R_2$   $\text{СНЭП}_1$  – это среднее косинусное сходство между аннотациями статей одного региона, т. е. эта мера показывает вну-

трирегиональную связанность научного экономического пространства.

Определение показателя  $\text{СНЭП}_1$  является достаточно естественным, поскольку учитывает сходство каждой статьи из одного региона со всеми статьями из другого региона. Но при этом такой показатель в некоторых случаях может не выявлять сильную связанность между регионами. Например, если в одном регионе на порядок меньше статей, чем в другом (а это имеет место практически для любого региона, рассматриваемого вместе с Москвой), то даже если все статьи из первого региона очень тесно связаны со сравнимым количеством статей из второго региона, то в силу того, что остальные статьи второго региона (а их подавляющее большинство) будут иметь небольшие значения косинусного сходства со статьями из первого региона, значение  $\text{СНЭП}_1$  будет мало. Этот пример также показывает, что симметричность  $\text{СНЭП}_1$  является недостатком, поскольку фактически подразумевает «равноправность» интеллектуального влияния регионов друг на друга (результатом которого как раз и является научная связанность), что конечно же не имеет места в действительности (Москва влияет на любой регион значительно больше, чем он влияет на Москву).

Показатель  $\text{СНЭП}_2$  сконструирован так, чтобы избежать указанных недостатков. Здесь для каждой статьи из региона  $R_1$  берется ближайшая (в смысле косинусного сходства аннотаций) к ней статья (но отличная от нее) из региона  $R_2$ . И в качестве  $\text{СНЭП}_2$  принимается

среднее из таких косинусных сходств с ближайшей статьей. Тем самым для статей из одного региона берутся только близкие статьи из другого региона, а остальные не учитываются. Таким образом, если в небольшом регионе есть несколько научных школ, каждая из которых имеет тесные научные связи, например, с Москвой (проявляющиеся научными публикациями по общей тематике), то это отразится в значении показателя  $СНЭП_2$ . При этом  $СНЭП_2(R_1, R_2) \neq СНЭП_2(R_2, R_1)$  и  $СНЭП_2(R_2, R_1)$  нужно рассматривать как характеристику связанности региона  $R_1$  с регионом  $R_2$  (т. е. эта мера показывает влияние региона  $R_2$  на регион  $R_1$ ). Для случая  $R_1 = R_2$   $СНЭП_2$  показывает внутрирегиональную связанность (она будет близка к нулю, если для каждой статьи не будет хотя бы одной другой статьи по близкой тематике, т. е. если все исследователи работают в разных направлениях).

Наряду с введенными показателями  $СНЭП$  будем использовать показатель, отражающий уровень сотрудничества между исследователями из разных регионов. А именно, возьмем в качестве такого показателя коллаборации величину  $ПК(R_1, R_2)$  — количество статей из выборки, у которых есть авторы из обоих регионов  $R_1$  и  $R_2$ , усредненное по региону  $R_1$ :

$$ПК(R_1, R_2) = \frac{1}{N_1} |\{ \text{статьи с авторами из регионов } R_1 \text{ и } R_2 \}|,$$

где  $|X|$  — количество элементов в множестве  $X$ ,  $N_1$  — количество статей из региона  $R_1$ , которые имеют два и более соавторов. Показатель  $ПК$  является антисимметричным и отражает влияние региона  $R_2$  на регион  $R_1$ .

### Результаты анализа научно-исследовательских связей российских регионов

Результаты, полученные при анализе аннотаций для двух разных способов нормализации слов (стемминг и лемматизация), оказались практически идентичными (разница в значениях показателей  $СНЭП_1$  и  $СНЭП_2$  не превышает 1 %). Поэтому далее приведены результаты только для одного варианта нормализации — стемминга.

Представление статей в виде векторов с весами TF-IDF и косинусное сходство (1) обеспечивает достаточно высокое качество их ранжирования по уровню содержательной близости. В качестве примера рассмотрим косинусные сходства для аннотации статьи «Влияние механизмов и инструментов цифровизации на уровень теневой экономики в регионах» из журнала «Экономические системы» (табл. 4).

Из названия рассматриваемой статьи следует, что она посвящена «теневой экономике» и «цифровизации». Как видно из табл. 4, очень высокое сходство (73 %) с ней имеет статья, тоже посвященная «цифровизации» и «теневой экономике» («экономической безопасности»). Меньшее (но достаточно высокое) сходство имеют статьи 2 — 4, посвященные «теневой экономике», но без цифровизации. Еще меньшее сходство имеют статьи 5, 6, в которых есть «цифровизация», но нет «теневой экономики» (основного компонента рассматриваемой статьи). Наконец, статья 7 не имеет практически ничего общего с рассматриваемой статьей, поэтому у них косинусное сходство составляет всего 9 %.

Результаты расчета показателя  $СНЭП_1$  для некоторых регионов представлены в табл. 5.

Таблица 4

Результаты расчета косинусного сходства аннотации статьи «Влияние механизмов и инструментов цифровизации на уровень теневой экономики в регионах» с другими аннотациями из выборки

Table 4

Results of cosine similarity calculation for the abstract of the article “The Impact of Digitalization Mechanisms and Tools on the Shadow Economy in Regions” compared to other abstracts in the sample

Название статьи	CosSimilarity, %
Трансфер опыта цифровизации в Москве и Московской области для повышения экономической безопасности регионов	72,7
Оценка влияния элементов теневой экономики на экономическую безопасность страны	047,1
Swot-анализ инструментов противодействия теневизации в малом и среднем предпринимательстве	38,2
Теневая экономика: современное мировое состояние и новации противодействия	35,1
Современные методы цифровизации деятельности предприятия	24,3
Внедрение инструментов цифровизации в сфере общественного питания	17,4
Эффективность использования экономического и ресурсного потенциала сельского хозяйства	8,6

Таблица 5

Результаты расчета показателя СНЭП<sub>1</sub> для пяти регионов с самым большим количеством статей, %

Table 5

Results of the calculation of the indicator of the connectivity of the scientific economic space (CSES<sub>1</sub>) for the five regions with the highest number of articles, %

Регион Регион	Москва	Санкт-Петербург	Воронежская область	Свердловская область	Самарская область
Москва	3,96	3,86	4,54	3,91	4,74
Санкт-Петербург	3,86	4,51	4,61	3,94	4,94
Воронежская область	4,54	4,61	7,47	4,87	6,22
Свердловская область	3,91	3,94	4,87	5,51	5,01
Самарская область	4,74	4,94	6,22	5,01	9,92

Из табл. 5 видно, что показатель СНЭП<sub>1</sub> достаточно слабо варьируется. Его среднее значение равно 4,43 %, а СКО — 1,23 %, следовательно, коэффициент вариации для этого показателя будет равен 28 % (меньше 30 %), что говорит об однородности значений СНЭП<sub>1</sub> для всего множества пар регионов и означает ограниченность возможностей СНЭП<sub>1</sub> по репрезентации различий в научной связанности между разными регионами. Также отметим, что если рассматривать только пары различных регионов (т. е. только недиагональные элементы табл. 5), то среднее значение равно 4,27 %, а СКО — 0,68 % и, следовательно, коэффициент вариации для этого показателя будет меньше 16 %. Т. е. вариация показателя СНЭП<sub>1</sub> в значительной степени обусловлена его значениями для пар одинаковых регионов. Поэтому окончательно можно сделать вывод, что СНЭП<sub>1</sub> гораздо лучше подходит для характеристики внутрирегиональной связанности научного пространства внутри региона, чем для межрегиональной.

Для показателя СНЭП<sub>2</sub> среднее значение равно 14,20 %, СКО — 6,59 %, а коэффициент вариации — 46,42 % (табл. 6). Т. е. этот показатель демонстрирует достаточно высокий уровень чувствительности к различиям между научной связанностью различных пар регионов. При этом если рассматривать только пары различных регионов (т.е. только недиагональные элементы табл. 6), то среднее значение равно 14,08 %, СКО — 6,58 %, а коэффициент вариации — 46,74 %. Т. е. статистические характеристики всей выборки показателей практически одинаковы в обоих случаях. Это свидетельствует о том, что показатель СНЭП<sub>2</sub> одинаково хорошо отражает как внутрирегиональную, так и межрегиональную связанность.

Показатель ПК непосредственно отражает уровень коллаборации между исследователями из разных регионов, поскольку практи-

чески все формы сотрудничества между учеными в большинстве случаев приводят к публикации совместных работ (табл. 7). Особенностью показателя ПК является значительное количество нулевых и околонулевых межрегиональных значений: только для авторов из Москвы и Санкт-Петербурга есть статьи с соавторами практически из всех других регионов, а для большинства пар периферийных (в научном плане) регионов совместных работ нет. В то же время, внутрирегиональные значения этого показателя достаточно велики, поскольку совместные статьи в большинстве случаев пишут исследователи, проживающие в одном городе. Для всех значений показателя ПК среднее значение равно 65,83 %, СКО — 15,07 %, а коэффициент вариации — 22,89 %. Для значений без диагональных элементов среднее значение равно 0,01 %, СКО — 0,05 %, а коэффициент вариации — 365 %.

Далее средствами корреляционного анализа исследуем взаимосвязи между показателями СНЭП и уровнем коллаборации ПК, используя в качестве контрольной характеристики межрегиональные расстояния. Основной вопрос здесь заключается в том, насколько сильно связаны ПК и СНЭП.

Коэффициенты корреляции между рассматриваемыми показателями для всех значений представлены в табл. 8, а только для межрегиональных — в табл. 9.

Основные результаты корреляционного анализа, позволяющие дать оценку научно-исследовательским связям регионов в контексте библиометрических показателей, характеризующих связанность научного экономического пространства, формируемого публикационной активностью авторов различных регионов:

— расстояние между регионами оказывает незначительное влияние как на связанность научного экономического пространства, так и на уровень коллаборации между исследователями из разных регионов;

Таблица 6

Результаты расчета показателя СНЭП2 для пяти регионов с самым большим количеством статей, %

Table 6

Results of the calculation of the CSES 2 indicator for the five regions with the highest number of articles, %

Регион Регион	Москва	Санкт-Петербург	Воронежская область	Свердловская область	Самарская область
Москва	28,86	23,79	20,85	16,37	16,38
Санкт-Петербург	48,6	22,88	19,11	16,58	16,15
Воронежская область	58,27	24,13	23,03	19,14	19,89
Свердловская область	33,39	20,72	18,91	20,22	16,03
Самарская область	34,11	23,37	22,48	19,8	31,77

Таблица 7

Результаты расчета показателя ПК для пяти регионов с самым большим количеством статей, %

Table 7

Results of the calculation of the indicator of spatial collaboration for the five regions with the highest number of articles, %

Регион Регион	Москва	Санкт-Петербург	Воронежская область	Свердловская область	Самарская область
Москва	50,38	0,06	0,04	0,01	0,01
Санкт-Петербург	0,31	61,05	0,02	0,01	0
Воронежская область	0,4	0,04	74,75	0	0
Свердловская область	0,1	0,02	0	55,42	0
Самарская область	0,07	0	0	0	58,75

Таблица 8

Коэффициент корреляции между показателями СНЭП и расстоянием с учетом внутрирегиональных значений, %

Table 8

Correlation coefficient between the CSES indicators and distance, taking into account intraregional values, %

	СНЭП1	СНЭП2	ПК	Расстояние
СНЭП1	100.0	19.9	72.6	-30.3
СНЭП2	19.9	100.0	9.7	-18.7
ПК	72.6	9.7	100.0	-21.9
Расстояние	-30.3	-18.7	-21.9	100.0

Таблица 9

Коэффициент корреляции между показателями СНЭП без учета внутрирегиональных значений, %

Table 9

Correlation coefficient between the SNEP indicators, excluding intraregional values, %

	СНЭП1	СНЭП2	ПК	Расстояние
СНЭП1	100.0	26.2	2.0	-26.1
СНЭП2	26.2	100.0	84.5	-17.1
ПК	2.0	84.5	100.0	-10.9
Расстояние	-26.1	-17.1	-10.9	100.0

— фиксируется сильная корреляция между показателями СНЭП<sub>1</sub> и ПК, но только в случае учета внутрирегиональных значений этих показателей. Это хорошо подтверждает сделанное выше заключение о том, что СНЭП<sub>1</sub> характеризует именно внутрирегиональную связанность;

— в случае, когда рассматриваются только межрегиональные значения показателей,

сильная корреляция наблюдается между показателями СНЭП<sub>2</sub> и ПК, что, в свою очередь, подтверждает возможность использования этого показателя для характеристики межрегиональной связанности;

— высокие значения коэффициента корреляции между показателями СНЭП и ПК (особенно в сравнении с корреляцией между рас-

стоянием и каждым из показателей СНЭП<sub>1</sub>, СНЭП<sub>2</sub>, ПК) показывают, что связанность научного экономического пространства (как на внутрорегиональном, так и на межрегиональном уровне) напрямую зависит от уровня коллаборации между исследователями, причем на межрегиональном уровне эта зависимость проявляется в большей степени, чем на внутрорегиональном.

### Выводы

В рамках данной статьи для анализа научно-исследовательских связей российских регионов использовались библиометрические показатели, характеризующие связанность научного экономического пространства в контексте географического расстояния между авторами совместных статей, количества совместных статей в региональном срезе, а также схожести научных тематик экономических исследований, представленных в этих публикациях. Данные показатели выступают индикаторами внутрорегиональной и межрегиональной связанности. В частности, внутрорегиональная связанность количественно описывается показателем, основанным на усредненном косинусном сходстве между векторами TF-IDF для аннотаций всех статей рассматриваемого региона, а для характеристики межрегиональной связанности хорошо подходит показатель, учитывающий только статьи с максимальным косинусным сходством.

Основной вывод проведенного исследования заключается в том, что несмотря на повсеместное внедрение и развитие цифровых технологий, образовательных и коммуникативных онлайн-платформ, проведение онлайн-конференций, вебинаров и т. п., обеспечивающих высокий уровень информационной связанности научных центров из разных регионов, ключевым фактором формирования целостного научного пространства страны является сотрудничество исследователей и ученых на основе личных контактов.

Поэтому для укрепления межрегиональных связей, служащих каналами обмена научными идеями и обеспечивающих создание открытого нового знания в целом, необходимо усилить координацию научно-исследовательского взаимодействия, которое позволит повысить эф-

фективность коллективных усилий и исключить «узость» отдельных ученых (Ананьин, 2024). Для этого вузам и научным учреждениям, а также органам власти рекомендуется увеличить программы академической мобильности и обмена опытом исследователей, объемы финансирования привлечения выдающихся ученых в регион и стимулировать реализацию межрегиональных практикоориентированных проектов, обеспечивающих востребованные бизнесом углубленные исследования в конкретных научных областях с последующей ускоренной их реализацией в практике субъектов экономической деятельности. Принципиальным моментом здесь является факт, что связанность регионов будет укрепляться, если схемы пространственного научного взаимодействия будут строиться на дифференцированных инструментах выстраивания научных авторских коммуникаций, учитывающих промышленно-технологическую и научную специализацию регионов — участников сетей. Это, в свою очередь, потребует дальнейшего применения библиометрического анализа совместных публикаций не только экономических тематик, но и других научных сфер, в том числе междисциплинарного характера. Улучшение показателей, отражающих результативность совместной научной деятельности, выявленных на его основе, позволит в том числе снизить сегментацию нового знания и расширить фрагментацию научных исследований.

Еще одним важным аспектом повышения результативности научно-исследовательских связей российских регионов, по мнению авторов, служат наделение драйверной ролью пространственного развития крупных «научных» регионов (по показателю количества публикаций в рецензируемых изданиях) и поддержка исследовательских коммуникаций меньших научных регионов с этими лидерами. Локомотивы научных исследований смогут развивать исследовательский потенциал других территорий и обеспечивать равномерное территориальное внедрение полученных результатов совместных проектов.

Проверка данного условия будет служить дальнейшим направлением исследований результативности научно-исследовательских связей в целях обеспечения пространственного развития национальной экономики.

### Список источников

- Ананьин, О. И. (2024). Экономическая наука: вызов фрагментации. *Журнал Новой экономической ассоциации*, 2(63), 193–210. [https://doi.org/10.31737/22212264\\_2024\\_2\\_193-210](https://doi.org/10.31737/22212264_2024_2_193-210)
- Бредихин, С. В., Ляпунов, В. М., Щербакова, Н. Г. (2021). *Библиометрические сети научных статей и журналов*. Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, 334.

- Волчкова, И. В., Подопригора, Ю. В., Данилова, М. Н., Уфимцева, Е. В., Шадейко, Н. Р., Селиверстов, А. А. (2017). Агломерационные процессы в России в контексте связанности социально-экономического пространства. *Региональная экономика: теория и практика*, 15(3), 422–433. <https://doi.org/10.24891/re.15.3.422>
- Гранберг, А. Г. (2003). *Основы региональной экономики* (3-е изд.). Москва: ГУ ВШЭ, 495.
- Зубаревич, Н. В. (2014). Региональное развитие и региональная политика в России. ЭКО, (4), 7–27. <http://www.demoscore.ru/weekly/2014/0601/analit05.php> (дата обращения: 23.10.2020).
- Ицкович, Г. (2010). *Тройная спираль. Университеты-предприятия-государство. Инновации в действии*. Пер. с англ. под ред. А. Ф. Уварова. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 237.
- Кириллова, С. А., Кантор, О. Г. (2010). Региональное развитие и качество экономического пространства. *Регион: экономика и социология*, (3), 57–80.
- Макар, С. В., Строев, П. В. (2023). К построению единого хозяйственного пространства России: актуальные акценты категории «связанность». *Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика*, 25(1), 5–15. <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2023.1.1>
- Михайлов, Д. В., Козлов, А. П., Емельянов, Г. М. (2015). Выделение знаний и языковых форм их выражения на множестве тематических текстов: подход на основе меры TF-IDF. *Компьютерная оптика*, 39(3), 429–438.
- Моргун, А. Н., Природова, О. Ф., Никишина, В. Б. (2020). Библиометрическое картирование научных исследований по непрерывному образованию. *Методология и технология непрерывного профессионального образования*, (2(2)), 55–75.
- Оськина, К. А. (2016). Оптимизация метода классификации текстов, основанного на TF-IDF, за счет введения дополнительных коэффициентов. *Вестник Московского государственного лингвистического университета. Гуманитарные науки*, (15(754)), 175–187.
- Положенцева, Ю. С. (2018). Количественная оценка уровня развития межрегиональной связанности экономического пространства. *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*, (3(29)), 116–128.
- Полякова, А. Г., Симарова, И. С. (2014а). Концептуальная модель управления развитием региона с учетом уровня пространственной связанности. *Экономика региона*, (2), 32–42.
- Полякова, А. Г., Симарова, И. С. (2014б). Управление региональным развитием Западной Сибири с учетом связанности экономического пространства. *Вопросы государственного и муниципального управления*, (3), 141–161.
- Уфимцева, Е. В., Волчкова, И. В., Данилова, М. Н., Шадейко, Н. Р., Подопригора, Ю. В., Селиверстов, А. А. (2016). Оценка интенсивности социально-экономических взаимодействий на территории агломерации в аспекте связанности социально-экономического пространства. *Вопросы управления*, (4(41)). <https://journalmanagement.com/issue/2016/04/25> (дата обращения: 27.10.2020).
- Черкашин, А. К. (2018). Метатеоретические модели политической науки об устойчивом развитии в концепции расслоенных пространств деятельности. *Известия Иркутского государственного университета. Серия Политология. Регионоведение*, 25, 5–23. <https://doi.org/10.26516/2073-3380.2018.25.5>
- Шибаршина, С. В. (2017). Новые развивающиеся среды научной коммуникации в интернет-пространстве. *Философия науки и техники в России: вызовы информационных технологий: сб. науч. статей* (С. 371–373). Вологда: ВолГУ.
- Adams, J. D., Black, G. C., Clemmons, J. R., & Stephan, P. E. (2005). Scientific teams and institutional collaborations: Evidence from US universities, 1981–1999. *Research policy*, 34(3), 259–285.
- Allen, T. (1977). *Managing the Flow of Technology*. MIT Press.
- Beaver, D. (2001). Reflections on scientific collaboration (and its study): Past, present and future. *Scientometrics*, 52(3), 365–377. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1014254214337>
- Benaim, M., Héraud, J., Merindol, V., & Villette, J.-P. (2014). Scientific connectivity of European regions: towards a typology of cooperative schemes. *Journal of Innovation Economics & Management*, 21(3). <http://dx.doi.org/10.3917/jie.021.0155>
- Boschma, R. A. (2005). Proximity and innovation: A critical assessment. *Regional Studies*, 39(1), 61–74. <http://dx.doi.org/10.1080/0034340052000320887>
- Bozeman, B., & Corley, E. A. (2004). Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital. *Research Policy*, 33(4), 599–616. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.008>
- Cooke, P. (2005). Regionally asymmetric knowledge capabilities and open innovation: exploring 'Globalisation 2' — A new model of industry organization. *Research Policy*, 34(8), 1128–1149. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2004.12.005>
- Danell, R., & Persson, O. (2003). Regional R&D activities and interactions in the Swedish Triple Helix. *Scientometrics*, 58(2), 203–218. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026228425125>
- Ejermo, O., & Karlsson, C. (2006). Interregional inventor networks as studied by patent coinventorships. *Research Policy*, 35(3), 412–430. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2006.01.001>
- Fornahl, D., & Brenner, T. (2003). *Cooperation, Networks and Institutions in Regional Innovation Systems*. Edward Elgar.
- Frenken, K. (2002). A new indicator of European integration and an application to collaboration in scientific research. *Economic Systems Research*, 14(4), 345–361. <http://dx.doi.org/10.1080/0953531022000024833>

- Frenken, K., Hardeman, S., & Hoekman, J. (2009). Spatial scientometrics: Towards a cumulative research program. *Journal of Informetrics*, 3(3), 222–232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2009.03.005>
- Frenken, K., Hözl, W., & De Vor, F. (2005). The citation impact of research collaborations: the case of European biotechnology and applied microbiology (1988–2002). *Journal of Engineering and Technology Management*, 22(1–2), 9–30. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2004.11.002>
- Frenken, K., Ponds, R., & Van Oort, F. (2010). The citation impact of research collaboration in science based industries: A spatial institutional analysis. *Papers in Regional Science*, 89(2), 351–372. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2010.00309.x>
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., & Scott, P. (1994). *The New Production of Knowledge*. Sage.
- Glänzel, W. (2001). National characteristics in international scientific co-authorship relations. *Scientometrics*, 51, 69–115.
- Häckner, J. (1990). The Effects of R&D Externalities in a Spatial Model (No. 259). *IUI Working Paper*. <https://hdl.handle.net/10419/94962> (дата обращения 15.03.2024)
- Herrmannova, D., Knoth, P., Stahl, C., Patton, R., & Wells, J. (2018). Research Collaboration Analysis Using Text and Graph Features. *International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Text Processing* (pp. 431–441). Springer Nature Switzerland.
- Katz, J. S. (1994). Geographical proximity and scientific collaboration. *Scientometrics*, 31(1), 31–43. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02018100>
- Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy*, 26(1), 1–18. [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00917-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1)
- Leydesdorff, L. (2003). The mutual information of university-industry-government relations: An indicator of the Triple Helix dynamics. *Scientometrics*, 58(2), 445–467. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026253130577>
- Leydesdorff, L. (2004). Clusters and maps of science journals based on bi-connected graphs in Journal Citation Reports. *Journal of documentation*, 60(4), 371–427. <https://doi.org/10.1108/00220410410548144>
- Liang, L. M., & Zhu, L. (2002). Major factors affecting China's inter-regional research collaboration: regional scientific productivity and geographical proximity. *Scientometrics*, 55(2), 287–316.
- Liu, X., Bollen, J., Nelson, M. L., & Van de Sompel, H. (2005). Co-authorship networks in the digital library research community. *Information Processing & Management*, 41(6), 1462–1480. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2005.03.01224>
- Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington academy of sciences*, 16(12), 317–323.
- Meadows, A. J., & O'Connor, J. G. (1971). Bibliographic statistics as a guide to growth points in science. *Science Studies*, 1(1), 95–99. <https://doi.org/10.1177/030631277100100107>
- Newman, M. E. (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the national academy of sciences*, 101(suppl\_1), 5200–5205. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0307545100>
- Okubo, Y., & Zitt, M. (2004). Searching for research integration across Europe: A closer look at international and inter-regional collaboration. *Science and Public Policy*, 31(3), 213–226. <http://dx.doi.org/10.3152/147154304781780019>
- Persson, O., Glänzel, W., & Danell, R. (2004). Inflationary bibliometric values: The role of scientific collaboration and the need for relative indicators in evaluate studies. *Scientometrics*, 60(3), 421–432. <http://dx.doi.org/10.1023/B:S-CIE.0000034384.35498.7d>
- Ponds, R. (2009). The limits to internationalization of scientific research collaboration. *The Journal of Technology Transfer*, 34, 76–94. <http://dx.doi.org/10.1007/s10961-008-9083-1>
- Ponds, R., Van Oort, F., & Frenken, K. (2007). The geographical and institutional proximity of research collaboration. *Papers in Regional Science*, 86(3), 423–443. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1435-5957.2007.00126.x>
- Saxenian, A.-L. (1994). Regional advantage: Culture and competition in Silicon Valley and Route 128. Harvard University Press, Cambridge MA. *Scientometrics*, 51(1), 69–115.
- Shi, Y., Jiang, Y., Xie, C., & Li, C. (2024). Regional Innovation and Sustainable Development Interplay: Analyzing the Spatial Externalities of Domestic Demand in the New Development Paradigm. *Sustainability*, 16(6), 2365. <https://doi.org/10.3390/su16062365>
- Thorsteinsdottir, O. (2000). External research collaboration in two small science systems. *Scientometrics*, 49, 145–160.
- Tijssen, R. W., & Van Leeuwen, T. N. (2007). Research cooperation within Europe: bibliometric views of geographical trends and integration processes. *Proceeding trends and integration, proceedings of the ISSI*, 744–758.
- Vinayak, Raghuvanshi, A. & Kshitij, A. (2023). Signatures of capacity development through research collaborations in artificial intelligence and machine learning. *Journal of Informetrics*, 17(1), 101358. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2022.101358>
- Wagner-Doebler, R. (2001). Continuity and discontinuity of collaboration behaviour since 1800 — from a bibliometric point of view. *Scientometrics*, 52(3), 503–517. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1014208219788>
- Wang, Y. (2020). Changes Unseen in a Century, High-Quality Development, and the Construction of a New Development Pattern. *Management World*, 36(12), 1–12.
- Zucker, L. G., Darby, M. R., & Armstrong, J. (1998). Geographically localized knowledge: spillovers or markets? *Economic inquiry*, 36(1), 65–86.

## References

- Adams, J.D., Black, G.C., Clemmons, J.R., & Stephan, P.E. (2005). Scientific teams and institutional collaborations: Evidence from US universities, 1981–1999. *Research policy*, 34(3), 259–285.
- Allen, T. (1977). *Managing the Flow of Technology*. MIT Press.
- Ananyin, O.I. (2024). Economic science: The challenge of fragmentation. *Zhurnal Novoi ekonomicheskoi assotsiatsii [Journal of the New Economic Association]*, (2(63)), 193–210. [https://doi.org/10.31737/22212264\\_2024\\_2\\_193-210](https://doi.org/10.31737/22212264_2024_2_193-210) (In Russ.)
- Beaver, D. (2001). Reflections on scientific collaboration (and its study): Past, present and future. *Scientometrics*, 52(3), 365–377. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1014254214337>
- Benaim, M., Héraud, J., Merindol, V., & Villette, J.-P. (2014). Scientific connectivity of European regions: towards a typology of cooperative schemes. *Journal of Innovation Economics & Management*, 21(3). <http://dx.doi.org/10.3917/jie.021.0155>
- Boschma, R.A. (2005). Proximity and innovation: A critical assessment. *Regional Studies*, 39(1), 61–74. <http://dx.doi.org/10.1080/0034340052000320887>
- Bozeman, B., & Corley, E.A. (2004). Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital. *Research Policy*, 33(4), 599–616. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.008>
- Bredikhin, S.V., Lyapunov, V.M., & Shcherbakova, N.G. (2021). *Bibliometricheskie seti nauchnykh statei i zhurnalov [Bibliometric networks of scientific articles and journals]*. Novosibirsk: ICM&MG SB RAS, 334. (In Russ.)
- Cherkashin, A.K. (2018). Metatheoretical Models of Political Science of Sustainable Development within the Concept of Fiber Spaces of Public Activity. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Politologiya. Regiovedenie [The Bulletin of Irkutsk State University. Series "Political Science and Religion Studies"]*, 25, 5–23. <https://doi.org/10.26516/2073-3380.2018.25.5> (In Russ.)
- Cooke, P. (2005). Regionally asymmetric knowledge capabilities and open innovation: exploring 'Globalisation 2' — A new model of industry organization. *Research Policy*, 34(8), 1128–1149. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2004.12.005>
- Danell, R., & Persson, O. (2003). Regional R&D activities and interactions in the Swedish Triple Helix. *Scientometrics*, 58(2), 203–218. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026228425125>
- Ejermo, O., & Karlsson, C. (2006). Interregional inventor networks as studied by patent coinventorships. *Research Policy*, 35(3), 412–430. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2006.01.001>
- Etzkovitz, H. (2010). *Troinaya spiral'. Universitety-predpriyatiya-gosudarstvo. Innovatsii v deistvii [The triple helix: University-industry-government. Innovation in action]*. Translated from English. In A. F. Uvarov (Ed.). Tomsk: TUSUR Univ. Publ., 238. (In Russ.)
- Fornahl, D., & Brenner, T. (2003). *Cooperation, Networks and Institutions in Regional Innovation Systems*. Edward Elgar.
- Frenken, K. (2002). A new indicator of European integration and an application to collaboration in scientific research. *Economic Systems Research*, 14(4), 345–361. <http://dx.doi.org/10.1080/0953531022000024833>
- Frenken, K., Hardeman, S., & Hoekman, J. (2009). Spatial scientometrics: Towards a cumulative research program. *Journal of Infometrics*, 3(3), 222–232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2009.03.005>
- Frenken, K., Hözl, W., & De Vor, F. (2005). The citation impact of research collaborations: the case of European biotechnology and applied microbiology (1988–2002). *Journal of Engineering and Technology Management*, 22(1–2), 9–30. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2004.11.002>
- Frenken, K., Ponds, R., & Van Oort, F. (2010). The citation impact of research collaboration in science based industries: A spatial institutional analysis. *Papers in Regional Science*, 89(2), 351–372. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2010.00309.x>
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., & Scott, P. (1994). *The New Production of Knowledge*. Sage.
- Glänzel, W. (2001). National characteristics in international scientific co-authorship relations. *Scientometrics*, 51, 69–115.
- Granberg, A.G. (2003). *Osnovy regional'noi ekonomiki [Fundamentals of regional economics]* (3rd ed.). Moscow: HSE Publ., 495. (In Russ.)
- Häckner, J. (1990). The Effects of R&D Externalities in a Spatial Model (No. 259). *IUI Working Paper*. <https://hdl.handle.net/10419/94962> (Date of access: 15.03.2024)
- Herrmannova, D., Knoth, P., Stahl, C., Patton, R., & Wells, J. (2018). Research Collaboration Analysis Using Text and Graph Features. *International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Text Processing* (pp. 431–441). Springer Nature Switzerland.
- Katz, J.S. (1994). Geographical proximity and scientific collaboration. *Scientometrics*, 31(1), 31–43. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02018100>
- Katz, J.S., & Martin, B.R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy*, 26(1), 1–18. [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00917-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1)
- Kirillova, S.A., & Kantor, O.G. (2010). Regional development and quality of an economic space. *Region: ekonomika i sotsiologiya [Regional Research of Russia]*, (3), 57–80. (In Russ.)

- Leydesdorff, L. (2003). The mutual information of university-industry-government relations: An indicator of the Triple Helix dynamics. *Scientometrics*, 58(2), 445–467. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026253130577>
- Leydesdorff, L. (2004). Clusters and maps of science journals based on bi-connected graphs in Journal Citation Reports. *Journal of documentation*, 60(4), 371–427. <https://doi.org/10.1108/00220410410548144>
- Liang, L. M., & Zhu, L. (2002). Major factors affecting China's inter-regional research collaboration: regional scientific productivity and geographical proximity. *Scientometrics*, 55(2), 287–316.
- Liu, X., Bollen, J., Nelson, M.L., & Van de Sompel, H. (2005). Co-authorship networks in the digital library research community. *Information Processing & Management*, 41(6), 1462–1480. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2005.03.01224>
- Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington academy of sciences*, 16(12), 317–323.
- Makar, S. V., & Stroeve, P. V. (2023). To building a single economic space of Russia: current accents of the “coherence” category. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika [Journal of Volgograd State University. Economics]*, 25(1), 5–15. <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2023.1.1> (In Russ.)
- Meadows, A. J., & O'Connor, J. G. (1971). Bibliographic statistics as a guide to growth points in science. *Science Studies*, 1(1), 95–99. <https://doi.org/10.1177/030631277100100107>
- Mikhaylov, D. V., Kozlov, A. P., & Emelyanov, G. M. (2015). An approach based on TF-IDF metrics to extract the knowledge and relevant linguistic means on subject-oriented text sets. *Komp'yuternaya optika [Computer Optics]*, 39(3), 429–438. (In Russ.)
- Morgun, A. N., Prirodova, O. F., & Nikishina, V. B. (2020). Bibliometric mapping of research on continuing education. *Metodologiya i tekhnologiya nepreryvnogo professional'nogo obrazovaniya [Methodology and Technology of Continuous Professional Education]*, (2(2)), 55–75. (In Russ.)
- Newman, M. E. (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the national academy of sciences*, 101(suppl\_1), 5200–5205. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0307545100>
- Okubo, Y., & Zitt, M. (2004). Searching for research integration across Europe: A closer look at international and inter-regional collaboration. *Science and Public Policy*, 31(3), 213–226. <http://dx.doi.org/10.3152/147154304781780019>
- Oskina, K. A. (2016). Optimisation of TF-IDF text classification method by introducing additional weighting coefficients. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. Gumanitarnye nauki [Vestnik of Moscow State Linguistic University. Humanities]*, (15(754)), 175–187. (In Russ.)
- Persson, O., Glänzel, W., & Danell, R. (2004). Inflationary bibliometric values: The role of scientific collaboration and the need for relative indicators in evaluate studies. *Scientometrics*, 60(3), 421–432. <http://dx.doi.org/10.1023/B:S-CIE.0000034384.35498.7d>
- Polozhentseva, Yu. S. (2018). Quantitative assessment of the development level of interregional relationship of the economic space. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya [Innovative economy: prospects for development and improvement]*, (3(29)), 116–128. (In Russ.)
- Polyakova, A. G., & Simarova, I. S. (2014). Managing the regional development of western siberia concerning economic space relatedness. *Voprosy gosudarstvennogo i munitsipal'nogo upravleniya [Public Administration Issues]*, (3), 141–161. (In Russ.)
- Polyakova, A. G., & Simarova, I. S. (2014). The conceptual model of a region development administration considering the level of spatial relatedness. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, (2), 32–42. (In Russ.)
- Ponds, R. (2009). The limits to internationalization of scientific research collaboration. *The Journal of Technology Transfer*, 34, 76–94. <http://dx.doi.org/10.1007/s10961-008-9083-1>
- Ponds, R., Van Oort, F., & Frenken, K. (2007). The geographical and institutional proximity of research collaboration. *Papers in Regional Science*, 86(3), 423–443. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1435-5957.2007.00126.x>
- Saxenian, A.-L. (1994). Regional advantage: Culture and competition in Silicon Valley and Route 128. Harvard University Press, Cambridge MA. *Scientometrics*, 51(1), 69–115.
- Shi, Y., Jiang, Y., Xie, C., & Li, C. (2024). Regional Innovation and Sustainable Development Interplay: Analyzing the Spatial Externalities of Domestic Demand in the New Development Paradigm. *Sustainability*, 16(6), 2365. <https://doi.org/10.3390/su16062365>
- Shibarshina, S. V. (2017). New evolving internet spaces of science communication. *Filosofiya nauki i tekhniki v Rossii: vyzovy informatsionnykh tekhnologii [The Philosophy of Science and Technology in Russia: Challenges of Information Technology]* (pp. 371–373). Vologda: Volgograd State University. (In Russ.)
- Thorsteinsdottir, O. (2000). External research collaboration in two small science systems. *Scientometrics*, 49, 145–160.
- Tijssen, R. W., & Van Leeuwen, T. N. (2007). Research cooperation within Europe: bibliometric views of geographical trends and integration processes. *Proceeding trends and integration, proceedings of the ISSI*, 744–758.
- Ufimtseva, E. V., Volchkova, I. V., Danilova, M. N., Shadeiko, N. R., Podoprigora, Yu. V., & Seliverstov, A. A. (2016). Assessment of the intensity of socio-economic interactions in the territory of the agglomeration in the aspect of connectivity of socio-economic space. *Voprosy upravleniya [Management Issues]*, (4(41)). <https://journalmanagement.com/issue/2016/04/25> (Date of access: 27.10.2020). (In Russ.)
- Vinayak, Raghuvanshi, A. & Kshitij, A. (2023). Signatures of capacity development through research collaborations in artificial intelligence and machine learning. *Journal of Informetrics*, 17(1), 101358. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2022.101358>

Volchkova, I. V., Podoprigora, Yu. V., Danilova, M. N., Ufimtseva, E. V., Shadeiko, N. R., & Seliverstov, A. A. (2017). Agglomeration processes in Russia in the context of socio-economic space cohesion. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika [Regional Economics: Theory and Practice]*, 15(3), 422–433. <https://doi.org/10.24891/re.15.3.422> (In Russ.)

Wagner-Doebler, R. (2001). Continuity and discontinuity of collaboration behaviour since 1800 — from a bibliometric point of view. *Scientometrics*, 52(3), 503–517. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1014208219788>

Wang, Y. (2020). Changes Unseen in a Century, High-Quality Development, and the Construction of a New Development Pattern. *Management World*, 36(12), 1–12.

Zubarevich, N. V. (2014). Regional development and regional policy in Russia. *EKO [ECO]*, (4), 7–27. <http://www.demoscope.ru/weekly/2014/0601/analit05.php> (date of access: 23.10.2020). (In Russ.)

Zucker, L. G., Darby, M. R., & Armstrong, J. (1998). Geographically localized knowledge: spillovers or markets? *Economic inquiry*, 36(1), 65–86.

### Информация об авторах

**Мыслякова Юлия Геннадьевна** — кандидат экономических наук, заведующая Лабораторией экономической генетики регионов, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0001-7635-3601>; Scopus Author ID: 57190430830; ResearcherID: B-6076-2018 (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; e-mail: mysliakova.ug@uiec.ru).

**Мартыненко Александр Валериевич** — кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0002-4701-6398>; Scopus Author ID: 16039651100; ResearcherID: AAE-9576-2021 (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; e-mail: amartynenko@rambler.ru).

### About the authors

**Yuliya G. Myslyakova** — Cand. Sci. (Econ.), Head of the Laboratory of Economic Genetics of the Regions, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; <https://orcid.org/0000-0001-7635-3601>; Scopus Author ID: 57190430830; Researcher ID: B-6076-2018 (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: mysliakova.ug@uiec.ru).

**Alexander V. Martynenko** — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Senior Research Associate, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; <https://orcid.org/0000-0002-4701-6398>; Scopus Author ID: 16039651100; Researcher ID: AAE-9576-2021 (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: amartynenko@rambler.ru).

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Conflict of interests

**The authors declare** no conflicts of interest.

Дата поступления рукописи: 23.08.2024.

Прошла рецензирование: 10.09.2024.

Принято решение о публикации: 27.09.2024.

Received: 23 Aug 2024.

Reviewed: 10 Sep 2024.

Accepted: 27 Sep 2024.