

О. Б. Бартов^{а)}, Е. А. Третьякова^{б)}^{а, б)} Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Российская Федерация^{а)} <https://orcid.org/0000-0002-1471-2426>, e mail: bartov@inbox.ru^{б)} <https://orcid.org/0000-0002-9345-1040>

Мезоуровневая модель влияния информационно-коммуникационных ресурсов на экономическое развитие российских регионов¹

Экономическая проблематика цифровой эпохи требует разрешения на всех уровнях экономики, в том числе на мезоуровне. В статье проводится исследование количественных показателей влияния информационно-коммуникационных ресурсов российских регионов на их экономическое развитие. Целью исследования является оценка влияния информационно-коммуникационных ресурсов на экономическое региональное развитие с позиции системного подхода. Для достижения цели в работе составляется типология видов экономической деятельности, строится и формализуется мезоуровневая модель влияния, что является основным результатом работы и составляет ее научную новизну. После построения мезоуровневой модели эконометрическими методами проводится оценка показателей эластичности, определяющих количественный аспект рассматриваемого в работе влияния. Выдвигается и подтверждается гипотеза о разнонаправленном характере влияния информационно-коммуникационных ресурсов на валовый региональный продукт. На теоретическом уровне используется методология пространственно-временной теории экономических систем с позиции системной парадигмы в экономике. На практическом уровне проводится оценка близости аппроксимационного тренда мезоуровневой модели методом наименьших квадратов без регуляризации, что позволяет получить несмещенные оценки показателей эластичности. Результаты работы могут быть использованы при определении стратегий развития информационно-коммуникационных ресурсов в регионах, разработке управленческих решений на региональном уровне, а также для дальнейших исследований в схожих направлениях. Значимость полученных результатов может быть увеличена с течением времени за счет увеличения размера выборки исходных данных официальной государственной статистики. Основной вывод работы заключается в необходимости развития и удержания трудовых ресурсов в области информации и связи, что позволит повысить уровень экономического развития регионов через максимизацию результирующих показателей этого развития.

Ключевые слова: системная парадигма, пространственно-временная теория экономических систем, экономические процессы, виды экономической деятельности, региональная экономика, валовый региональный продукт, информационно-коммуникационные ресурсы, мезоуровневая модель, производственная функция, метод наименьших квадратов

Для цитирования: Бартов О. Б., Третьякова Е. А. Мезоуровневая модель влияния информационно-коммуникационных ресурсов на экономическое развитие российских регионов // Экономика региона. 2021. Т. 17, вып. 2. С. 402-417. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-2-4>

¹ © Бартов О. Б., Третьякова Е. А. Текст. 2021.

Oleg B. Bartov ^{a)}, Elena A. Tretyakova ^{b)}^{a, b)} Perm State University, Perm, Russian Federation^{a)} <https://orcid.org/0000-0002-1471-2426>, e mail: bartov@inbox.ru^{b)} <https://orcid.org/0000-0002-9345-1040>

Meso-level Model of the Effect of Information and Communication Resources on the Economic Development of Russian Regions

The economic problems of the digital age require resolution at all stages, including the meso-level. The article presents results of a study conducted across Russian regions to determine quantitative indicators of the impact of information and communication resources on their economic development. The research aims to assess this effect from the perspective of a systematic approach. To this end, a typology of economic activities is compiled, a meso-level model of influence is developed, then the model is evaluated. A hypothesis concerning the multidirectional effect of external information and communication resources on the gross regional product is advanced and confirmed. From a theoretical perspective, the research takes a spatio-temporal approach derived from the system paradigm. In order to obtain unbiased estimates of the elasticity values, we evaluated the approximation of the meso-level model using the non-regularized least squares method. The results of the study can be used to determine regional strategies for the development of information and communication resources. The significance of the obtained results can be enhanced by increasing the sample size of the official state statistics used as source data. The work concludes by recommending the development and retention of labour resources in the field of information and communication in order to optimise regional economic development by maximising the obtained indicators.

Keywords: system paradigm, spatio-temporal economic approach, economic processes, economic activity, regional economic development, gross regional product, information and communication resources, meso-level model, production function, least squares method

For citation: Bartov, O. B. & Tretyakova, E. A. (2021). Meso-level Model of the Effect of Information and Communication Resources on the Economic Development of Russian Regions. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 17(2), 402-417, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-2-4>

Введение

В настоящее время экономические отношения испытывают колоссальное влияние информационно-коммуникационных технологий. Данное влияние определяется увеличивающейся динамикой прогресса в сфере цифровых технологий, автоматизацией и цифровизацией труда, появлением исключительно цифровых профессий и рабочих мест, снижением издержек производства за счет снижения времени отклика на управленческие воздействия, увеличением емкости рынков информационного сектора и ростом информационной составляющей производимых товаров [1].

В этой связи рост результирующих экономических показателей в современном мире может быть достигнут, в частности, за счет использования информационно-коммуникационных ресурсов (ИКР) [2–5]. В данном исследовании в качестве ИКР авторами выделены из общего объема капитальные и трудовые ресурсы, используемые для обеспечения выпуска товаров и услуг информационно-коммуникационной деятельности. Новый технологический уклад формируется на базе цифровизации всех аспектов экономических отношений [6]. В кризисных ситуациях, обусловленных, в частности, вирусными и бактериологическими угрозами, ИКР становятся

первейшим средством поддержки социальных и экономических процессов [7]. Региональные процессы цифровизации при этом являются ключевыми процессами социально-экономических систем регионов, поэтому особую актуальность имеет задача управления ИКР, заключающаяся в количественном и качественном регулировании ИКР, локализованных в регионах.

Одним из возможных решений задачи управления ИКР может являться экономическая модель, определенная для соответствующего уровня экономики и показывающая, каким образом ИКР влияют на экономическое развитие. На мезоуровне, определяемом в качестве уровня региональной экономики [8], можно построить мезоуровневую модель, включающую достаточное количество компонентов для описания их взаимодействия с видами экономической деятельности, с одной стороны, и имеющую внутренние обобщающие свойства для интерполяции [9] результатов оцененной модели, с другой. Оценка мезоуровневой модели позволит определить характер влияния ИКР на экономическое развитие регионов, что, в свою очередь, в дальнейшем создаст дополнительные управленческие инструменты стратегического управления для регионального уровня власти.

Пространственно-временная теория экономических систем как основание типологии экономической деятельности

Существует большое количество научных трудов зарубежных авторов, предлагающих системное представление влияния ИКР на социально-экономические системы различных уровней [10–13]. Однако в большинстве исследований пространственно-временным аспектам такого влияния не уделяется должного внимания. Для управления системой, распределенной на большом пространстве и существующей в рамках этого пространства длительное время, необходима теория, учитывающая пространственно-временные особенности экономических систем.

Пространственно-временная теория экономических систем была разработана Г.Б. Клейнером [14, 15] как развитие системной экономической парадигмы Я. Корнаи [16]. Использование системной парадигмы позволяет осуществить дисциплинарный синтез на стыке экономической теории и экономической социологии, который ранее был предложен Й. Шумпетером [17]. Пространственно-временная теория разделяет региональные экономические системы на четыре типа: объектные, средовые, процессные и проектные. Объектные системы функционируют вне временного ограничения, но в границах определенного пространства, средовые системы не имеют ни временных, ни пространственных ограничений, процессные системы существуют в рамках жизненного цикла на всем экономическом пространстве, а проектные системы имеют как пространственные, так и временные ограничения [18].

Каждая из представленных систем реализует основную экономическую функцию, потребляющую на входе и создающую на выходе различные экономические блага. Основные экономические функции систем совпадают с базовыми экономическими процессами: объектная система реализует функцию производства, средовая — потребления, процессная — распределения, проектная — обмена, при этом общая экономическая система, состоящая из описанных систем, функционирует в замкнутом последовательном цикле преобразования экономических благ [19].

В каждом российском регионе ведется экономическая деятельность, разнообразие которой обусловлено его климатическими особенностями, географией и историей. Виды экономической деятельности можно обобщить до системных типов, отнеся каждый вид к объ-

ектному, средовому, процессному или проектному типу. Устойчивые варианты классификаций видов экономической деятельности по секторам [20–23] до сих пор остаются актуальными, однако их недостаток заключается в отсутствии учета в них комплементарности производственных факторов [24], что создает проблему оценки влияния ИКР на результат экономической деятельности, а также некоторой противоречивости данных классификаций [25]. Основным критерием предлагаемого авторами варианта отнесения вида экономической деятельности к системному типу явилась реализация базовой функции преобразования благ в экономических системах с позиции пространственно-временной теории [19]. Распределение видов экономической деятельности, согласно данному критерию, по системным типам экономической деятельности (СТЭД) представлено в таблице 1.

Так, например, сельскохозяйственная деятельность ограничена пространством земель, однако реализуется все время существования экономической системы, что позволяет определить ее как объектную. Добыча полезных ископаемых также ограничена пространством деятельности, однако дополнительно обусловлена фактором ограниченности самих ископаемых из-за чего отнесена к проектной. Процессные виды деятельности выполняют дискретизацию благ, ограниченно по времени, но неограниченно в пространстве, а средовые снимают ограниченность пространства доступа в системном экономическом цикле. Вероятно, что различные исследователи экономической науки будут иметь свое видение распределения видов экономической деятельности по СТЭД, однако это не уменьшает научную ценность предлагаемого в работе подхода, поскольку оценка может быть проведена по любому распределению.

Представленная типология позволяет обеспечить понимание системного взаимодействия видов экономической деятельности, а также структурировать деятельность по СТЭД. Необходимость распределения экономической деятельности по типологии определяется в силу того, что регионы тяготеют к тому или иному набору видов экономической деятельности, в каждом из которых ИКР могут оказывать влияния различной силы и направленности. Понимание взаимодействия и четкая структура также позволяют моделировать экономическую деятельность, создавая управленческие инструменты и механизмы.

Таблица 1

Типология видов экономической деятельности

Table 1

Types of economic activity

Вид экономической деятельности	СТЭД
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	Объект
Добыча полезных ископаемых	Проект
Строительство	Проект
Обрабатывающие производства	Объект
Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	Среда
Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение	Среда
Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	Среда
Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений	Среда
Предоставление прочих видов услуг	Среда
Деятельность в области информации и связи	Среда
Образование	Среда
Деятельность профессиональная, научная и техническая	Среда
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов	Процесс
Обеспечение электрической энергией, газом и паром	Процесс
Транспортировка и хранение	Процесс
Деятельность финансовая и страховая	Процесс
Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги	Процесс
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспорта	Процесс
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	Проект

Мезоуровневая модель с позиции системного подхода

А.А. Богданов в тектологии, равно как и Л. фон Бергаланфи в общей теории систем, определяет онтологическую направленность системного подхода через стремление дать определенную концептуальную характеристику для всей объективной реальности, существующей во времени и пространстве [26]. Можно предположить, что все существующее во вселенной представляет, представляло и будет представлять собой связанную иерархическую структуру систем. Таким образом определяется принцип системности для социально-экономических систем, которые являются элементами более крупных систем и, в то же время, сами имеют достаточно сложную структуру из подсистем.

В общей теории систем помимо принципа системности существует также принцип изоморфизма, понимаемый как однозначное соответствие строения и функционирования систем — непосредственно изоморфизм, или частичное — гомоморфизм, структурное соответствие систем в единой иерархии [27]. Таким образом, одновременное использование обоих принципов — системности и изоморфизма — с подключением экономического анализа для поиска закономерностей в региональных экономических системах и будет являться при-

менением системного подхода на мезоуровне экономики.

Предположив, что каждая экономическая деятельность, обобщенная до СТЭД, влияет на другую деятельность, также обобщенную до СТЭД, можно определить два вида влияния: внутреннее (или внутрисистемное) и внешнее (или межсистемное). При этом каждое из влияний будет испытывать пространственно-временные ограничения, согласно типу системы, которая это влияние оказывает. В силу своей средовой природы ИКР как основные ресурсы информационно-коммуникационной деятельности оказывают внутреннее влияние на средовую систему и внешнее влияние на остальные системы через соответствующие им виды деятельности, не испытывая пространственно-временных ограничений. При этом экономическую деятельность можно рассматривать на уровне системы-государства, на уровне системы-региона, а также практически на любом структурном уровне, в том числе городов или даже районов города. Согласно приведенной типологии, авторы проанализировали валовый региональный продукт (ВРП) в разрезе СТЭД за период наличия официальных статистических данных с 2005 г. по 2017 г., после чего определили преобладающий СТЭД как профильный. Результат распределения регионов по системным типам представлен в таблице 2.

Распределение российских регионов по системным типам согласно преобладающим СТЭД

Distribution of Russian regions by system types according to the prevailing economic activity

Системный тип региона	Регионы с преобладанием системного типа
Объект	Алтайский край, Калужская область, Липецкая область, Республика Марий Эл, Белгородская область, Кировская область, Новгородская область, Республика Мордовия, Владимирская область, Костромская область, Омская область, Рязанская область, Волгоградская область, Красноярский край, Орловская область, Тульская область, Вологодская область, Курская область, Пермский край, Челябинская область, Карачаево-Черкесская Республика, Ленинградская область, Республика Башкортостан, Чувашская Республика
Проект	Архангельская область, Астраханская область, Кемеровская область, Магаданская область, Оренбургская область, Сахалинская область, Тюменская область, Республика Коми, Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Республика Саха (Якутия), Томская область, Чукотский автономный округ
Среда	г. Севастополь, Еврейская автономная область, Кабардино-Балкарская Республика, Камчатский край, Республика Алтай, Пензенская область, Республика Ингушетия, Республика Адыгея, Республика Северная Осетия — Алания, Республика Тыва, Чеченская Республика
Процесс	Амурская область, Иркутская область, Псковская область, Саратовская область, Брянская область, Калининградская область, Республика Бурятия, Свердловская область, Воронежская область, Краснодарский край, Республика Дагестан, Смоленская область, г. Москва, Курганская область, Республика Калмыкия, Ставропольский край, Московская область, Республика Карелия, Тамбовская область, г. Санкт-Петербург, Мурманская область, Республика Крым, Тверская область, Нижегородская область, Республика Хакасия, Ульяновская область, Забайкальский край, Новосибирская область, Ростовская область, Хабаровский край, Ивановская область, Приморский край, Самарская область

Исследование неравномерности социально-экономического развития регионов России показывает, что регионы, лидирующие по производству валового регионального продукта, обладают большими коэффициентами неравномерности распределения в его отраслевой структуре [28]. Тогда получается, что в первую очередь требуется обращать внимание на то, как ИКР влияют на профильный СТЭД региона, который предлагается определить как системный тип самого региона. В случае отсутствия яркой выраженности профильного СТЭД за системный тип региона можно принять СТЭД, который планируется сделать профильным.

Через понятия СТЭД и системного типа региона, определенного через профильный СТЭД, можно выделить шестнадцать возможных влияний ИКР. Каждое влияние предлагается оценить, исходя из того, как ИКР влияют на группу экономических деятельностей, отнесенных к СТЭД в совокупности регионов определенного системного типа. Таким образом строится мезоуровневая модель влияния ИКР на экономическое развитие регионов, структурное представление которой предложено на рисунке.

Стрелки с заливкой серым цветом отражают влияние ИКР на профильный СТЭД региона, а стрелки без заливки — на непрофильный. Форма стрелок показывает вид влияния: прямоугольные стрелки — внутреннее, изогнутые — внешнее. Пунктирными линиями изображена межсистемная взаимосвязь деятельности в области информации и связи.

Как видно в модели, для средовых регионов влияние ИКР на экономическое развитие профильной средовой системы региона является внутренним, а для остальных — внешним. При этом непрофильная средовая система существует в регионах любого типа и также испытывает внутреннее влияние ИКР.

Существенно важным моментом в приведенной мезоуровневой модели является демонстрация взаимного влияния деятельности в области информации и связи одних регионов на другие. Принцип влияния заключается в том, что изменение этого вида деятельности в одном регионе со временем отразится в этом же виде деятельности в других регионах. Средовая система, являясь системой интеграционной по определению [16], не испытывая пространственно-временных ограничений внутри региона, открыта к взаимодействию со средовыми

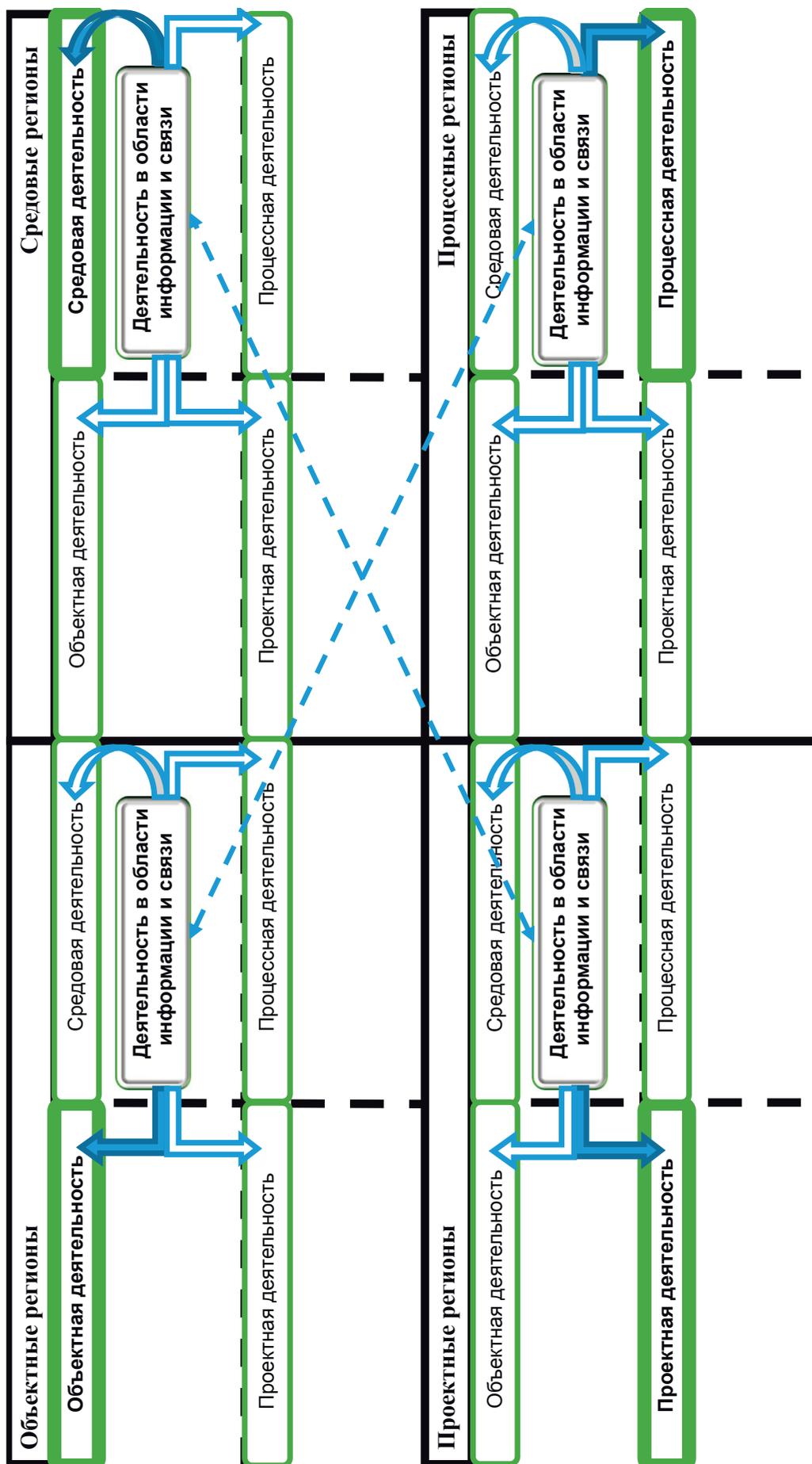


Рис. Мезоуровневая модель влияния ИКР на экономическое развитие регионов
 Fig. Meso-level model of the effect of information and communication resources on regional economic development

подсистемами других регионов. Отсюда можно сделать вывод, что положительная или отрицательная динамика ИКР средовой системы одного региона может влиять на ВРП в области информации и связи другого региона.

В качестве гипотезы исследования предполагается отрицательный характер межрегионального влияния ИКР практически на любой тип СТЭД для региона любого типа: чем больше во всех остальных регионах используется ресурсов в ИКР-деятельности, тем ниже будет ВРП в рассматриваемом регионе по тем видам экономической деятельности, которые испытывают данное влияние. Теоретическое обоснование такой гипотезы возникает из соображения, что регионы конкурируют друг с другом, испытывая негативное влияние повсеместного распространения ИКР как порождаемого явления средовой системы на всех уровнях экономики. Проблема заключается в том, что, во-первых, не все регионы готовы к использованию возможностей ИКР, и, во-вторых, затраты на приобретение ИКР образуют рыночные барьеры, создание которых не попадает под антимонопольные законы [29]. Таким образом, следствием отрицательного межрегионального влияния ИКР оказывается потеря доли рынка, соответствующего экономической деятельности, что снижает ВРП по данному СТЭД.

Объяснить динамику ВРП деятельности в области информации и связи можно через влияние ИКР на этот вид деятельности. Предполагается, что ИКР-капитал и ИКР-труд создают дополнительный эффект для деятельности в области информации и связи поскольку вычислительная техника, телекоммуникационное оборудование, программное обеспечение и связь должны создавать прирост ВРП по данному виду деятельности. В силу теоретических аспектов, позволяющих формализовать влияние ИКР на ВРП через использование модифицированной функции Кобба — Дугласа [30], для условно изолированного региона формулу для ВРП деятельности в области информации и связи можно записать следующим образом:

$$Y_i = AK_i^\delta L_i^\theta e^{\gamma T}, \quad (1)$$

где Y_i — ВРП деятельности в области информации и связи условно изолированного региона; A — уровень технологии; K_i и L_i — капитал и труд, относящиеся к ИКР-деятельности; δ — эластичность ИКР-капитала; θ — эластичность ИКР-труда; γ — темп НТП; T — индекс времени.

В таком случае ВРП деятельности в области информации и связи с учетом взаимного

влияния деятельности в области информации и связи одних регионов на другие можно записать в следующем виде:

$$Y_i = AK_i^\delta L_i^\theta e^{\gamma T} \left(\sum_k K_{ik} \right)^\delta \left(\sum_k L_{ik} \right)^\theta, \quad (2)$$

где Y_i — ВРП деятельности в области информации и связи; A — уровень технологии; K_i и L_i — капитал и труд, относящиеся к ИКР-деятельности; δ — эластичность ИКР-капитала; θ — эластичность ИКР-труда; γ — темп НТП; T — индекс времени; K_{ik} и L_{ik} — капитал и труд, относящиеся к ИКР-деятельности k -го региона; $\bar{\delta}$ — эластичность внешнего ИКР-капитала; $\bar{\theta}$ — эластичность внешнего ИКР-труда¹.

Прирост ВРП по деятельности в области информации и связи, согласно предлагаемой модели, оказывает влияние на ВРП по каждому виду деятельности и, соответственно, на общий ВРП. При этом взаимодействие средовых региональных систем по ИКР все так же имеет место, поэтому формула зависимости ВРП от экономической деятельности, не являющейся деятельностью в области информации и связи, от ИКР выглядит следующим образом:

$$Y_p = AK_p^\alpha L_p^\beta K_i^\delta L_i^\theta e^{\gamma T} \left(\sum_k K_{ik} \right)^\delta \left(\sum_k L_{ik} \right)^\theta, \quad (3)$$

где Y_p — ВРП рассматриваемой экономической деятельности; A — уровень технологии; K_p и L_p — капитал и труд рассматриваемой экономической деятельности; K_i и L_i — капитал и труд, относящиеся к ИКР-деятельности; α — эластичность капитала рассматриваемой экономической деятельности; β — эластичность труда рассматриваемой экономической деятельности; δ — эластичность ИКР-капитала; θ — эластичность ИКР-труда; γ — темп НТП; T — индекс времени; K_{ik} и L_{ik} — капитал и труд, относящиеся к ИКР-деятельности k -го региона; $\bar{\delta}$ — эластичность внешнего ИКР-капитала; $\bar{\theta}$ — эластичность внешнего ИКР-труда.

Формула (3) представляет собой математическую запись мезоуровневой модели влияния ИКР на экономическое развитие регионов. В качестве показателя экономического развития выбран ВРП в силу определенности данного показателя для каждого из пересечений СТЭД и системного типа региона. В то же время, при модификации мезоуровневой модели в части разделения влияния по СТЭД и нор-

¹ Здесь и далее по тексту под внешним ИКР-капиталом и внешним ИКР-трудом понимаются ИКР, локализованные во всех остальных регионах, не относящихся к характеристическому вектору региона, к которому относится наблюдение.

мализации ресурсных показателей в качестве результирующего показателя могут использоваться уровень рождаемости, уровень преступности, уровень безработицы, медианная заработная плата или отношение среднедушевых денежных доходов населения к прожиточному минимуму.

Методика и данные для оценки мезоуровневой модели

Для оценки параметров линеаризованных путем логарифмирования экономических моделей, построенных на основании функции Кобба — Дугласа, при построении регрессии в рамках классического подхода исследователями часто используется метод наименьших квадратов (МНК) [31, 32], предложенный А.М. Лежандром и независимо от него открытый, но опубликованный позже К. Гауссом [33].

При оценке моделей с помощью МНК характер экономических переменных, зачастую имеющих сходную динамику, обуславливает проблему мультиколлинеарности, которая выражается в неустойчивости и, зачастую, незначимости получаемых оценок эластичности производственных факторов [34]. Существующие методы борьбы с мультиколлинеарностью приводят либо к смещению оценок моделей [35, 36], либо к потере возможности доступной интерпретации этих оценок [37]. Поэтому для проведения качественного исследования имеет смысл подбирать данные таким образом, чтобы мультиколлинеарность в них отсутствовала.

Поскольку российские регионы представляют собой различные по размеру объекты, достаточно вероятно присутствие гетероскедастичности в данных [38], что неизбежно при системном подходе, поскольку разделение регионов по системным типам производится без учета размера региона. Дополнительной проблемой является то, что данные для оценки мезоуровневой модели собираются за несколько лет, что превращает каждый из собранных показателей в нестационарный временной ряд и приводит к необходимости проводить анализ в условиях автокорреляции [39]. Существует метод, позволяющий скорректировать стандартные ошибки в условиях гетероскедастичности и автокорреляции для получения интерпретируемых оценок. Метод заключается в том, что для построения доверительных интервалов и проверки гипотез на значимость оценок отдельно взятых параметров модели используется робастная к условной гетероскедастичности и автокорреля-

ции оценка ковариационной матрицы, предложенная Ньюи и Вестом [40].

Перед выполнением регрессионного анализа модель требует линеаризации. После выполнения линеаризации через логарифмическое преобразование мезоуровневая модель выглядит следующим образом:

$$\ln Y_p = \ln A + \alpha \ln K_p + \beta \ln L_p + \delta \ln K_i + \theta \ln L_i + \bar{\delta} \ln \left(\sum_k K_{ik} \right) + \bar{\theta} \ln \left(\sum_k L_{ik} \right) + \gamma T. \quad (4)$$

Минимально достижимый аналитический разрез данных официальной государственной статистики в рамках требуемой постановки — это разрез данных, в котором представлена информация о ресурсных затратах и ВРП по отдельному виду экономической деятельности в отдельном регионе. Авторами выделено 82 субъекта Федерации — региона, при этом Ненецкий, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа исключены из исследования, поскольку данные по ним уже включены в субъекты-области, в которые входят эти автономные округа. Также в исследование не включены г. Москва, г. Севастополь, Республика Крым и Чеченская Республика в силу значительного отличия в данных по ним от остальных регионов. Официально доступна статистика по 19 видам экономической деятельности в каждом из субъектов¹. С учетом 82 регионов и 19 видов экономической деятельности за один год можно получить 1558 наблюдений. Период исследования — с 2005 г. по 2017 г. Часть наблюдений придется дополнительно исключить из регрессионного анализа, поскольку данные по некоторым видам экономической деятельности, равно как по некоторым регионам, могут быть незаполненными или являться выбросами. Максимальное суммарное количество наблюдений без учета исключений для каждого пересечения СТЭД и типа региона представлено таблице 3.

В качестве экономического результата был использован ВРП. Показателем капитальных ресурсов для каждого вида экономической деятельности, в том числе информационно-коммуникационной, определена годовая амортизация основных фондов, используемых в соответствующей деятельности, а трудовых — произведение среднегодовой заработной платы деятельности на количество занятых в этой же деятельности. Все показатели приведены к по-

¹ Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). URL: <https://fedstat.ru>.

Таблица 3

Максимальное суммарное количество наблюдений для расчета модели

Table 3

Maximum number of observations for model construction

СТЭД	Количество наблюдений по типам региона			
	объектный	средовой	процессный	проектный
Объектный	624	286	884	338
Средовой	2496	1144	3536	1352
Процессный	1872	858	2652	1014
Проектный	936	429	1326	507

следнему году исследования через индекс физического объема ВРП, индекс физического объема основных фондов и индекс потребительских цен. Индекс времени — целочисленный показатель, который соответствует году наблюдения и лежит в диапазоне от 1 до 13.

Оценка мезоуровневой модели

Для проведения всех видов тестов, оценки мезоуровневой модели и представления результатов в графическом виде использовалась программная среда RStudio [41]. Алгоритмизация вычислений позволила провести оценку в необходимых аналитических разрезах путем использования включенных в программную среду эконометрических библиотек.

Функциональная форма модели проверена путем проведения теста Рамсея [42] с использованием поправки Бенджамини — Хохберга [43] на множественную проверку гипотез. Тест Рамсея уверенно отвергает гипотезу о неверной спецификации мезоуровневой модели на любом реально достижимом уровне значимости (p -value) в случае использования данных за тринадцатилетний период.

Непосредственно перед оценкой модели был проведен тест на мультиколлинеарность через расчет коэффициента вздутия дисперсии, который, по результатам теста, не превышает 10 для каждой объясняющей перемен-

ной в каждом пересечении СТЭД и системного типа региона. Такое значение коэффициента вздутия дисперсии [44] позволяет сделать вывод об отсутствии мультиколлинеарности в данных и, как следствие, наличия достаточного основания доверять результатам оценки модели.

В таблицах 4–7 представлены оценки параметров мезоуровневой модели для объектных, средовых, процессных и проектных регионов соответственно. Для каждого пересечения СТЭД и системного типа региона прослеживается сильная линейная связь объясняющей и объясняемых переменных, что подтверждается высоким значением скорректированного R^2 . Для каждой из оценок рассчитан достигаемый уровень значимости (p -value), который позволяет судить об уверенности в оценке. Для достижения цели настоящей работы интересна оценка, в первую очередь, коэффициентов δ , θ , $\bar{\delta}$ и $\bar{\theta}$, отражающих влияние ИКР на экономическое развитие региона.

В первую очередь обращает на себя внимание отрицательная оценка коэффициента $\bar{\theta}$, который показывает влияние внешнего по отношению к рассматриваемым регионам ИКР-труда. Данная оценка статистически значима для объектных, средовых и процессных СТЭД. Оценка коэффициента θ для проектных СТЭД в объектных регионах также является отрица-

Таблица 4

Оценка мезоуровневой модели для объектных регионов

Table 4

Estimations of the meso-level model for object regions

СТЭД <i>Adj. R²</i>	Вид значения	Объектные регионы							
		$\ln A$	α	β	δ	θ	$\bar{\delta}$	$\bar{\theta}$	γ
Объект 0.894	оценка	9.99***	0.34***	0.42***	0.07***	0.11**	0.10	-0.42**	-0.00
	<i>p</i> -value	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.3076	0.0037	0.5217
Среда 0.864	оценка	12.23***	0.00	0.81***	0.06***	0.03.	-0.16**	-0.34***	-0.00
	<i>p</i> -value	0.0000	0.9277	0.0000	0.0000	0.0919	0.0059	0.0001	0.3220
Процесс 0.904	оценка	6.63**	0.04***	1.09***	-0.01	-0.06*	-0.00	-0.31**	0.01
	<i>p</i> -value	0.0020	0.0001	0.0000	0.3201	0.0245	0.9608	0.0038	0.1930
Проект 0.854	оценка	9.98.	0.14***	0.91***	-0.01	-0.03	-0.07	-0.35	0.03***
	<i>p</i> -value	0.0559	0.0000	0.0000	0.8045	0.5735	0.6735	0.1616	0.0006

Таблица 5

Оценка мезоуровневой модели для средовых регионов

Table 5

Estimations of the meso-level model for environment regions

СТЭД Adj. R ²	Вид значения	Средовые регионы							
		lnA	α	β	δ	θ	$\bar{\delta}$	$\bar{\theta}$	γ
Объект 0.894	оценка	10.22	0.05	0.32***	0.07.	0.47**	0.30	-0.62	0.04*
	<i>p-value</i>	0.2699	0.3036	0.0002	0.0552	0.0013	0.3435	0.1644	0.0259
Среда 0.864	оценка	8.94*	-0.02***	0.78***	0.06***	0.19***	-0.13	-0.28	0.01
	<i>p-value</i>	0.0368	0.0003	0.0000	0.0005	0.0000	0.3784	0.1948	0.1821
Процесс 0.904	оценка	3.85	0.07**	0.92***	0.00	-0.24***	0.21	-0.16	0.00
	<i>p-value</i>	0.5677	0.0073	0.0000	0.9497	0.0008	0.3408	0.6371	0.8949
Проект 0.854	оценка	13.88	-0.05.	0.90***	0.04	-0.23*	-0.16	-0.23	0.03.
	<i>p-value</i>	0.1012	0.0854	0.0000	0.2175	0.0429	0.5835	0.5893	0.0727

Таблица 6

Оценка мезоуровневой модели для процессных регионов

Table 6

Estimations of the meso-level model for process regions

СТЭД Adj. R ²	Вид значения	Процессные регионы							
		lnA	α	β	δ	θ	$\bar{\delta}$	$\bar{\theta}$	γ
Объект 0.894	оценка	5.75	0.12*	0.64***	0.07***	-0.06	0.09	-0.11	0.02*
	<i>p-value</i>	0.1128	0.0470	0.0000	0.0000	0.1551	0.4455	0.5291	0.0386
Среда 0.864	оценка	14.18***	0.01.	0.82***	0.05***	0.04*	-0.17**	-0.43***	0.00
	<i>p-value</i>	0.0000	0.0882	0.0000	0.0000	0.0375	0.0094	0.0000	0.8732
Процесс 0.904	оценка	6.92**	0.03**	1.10***	0.04**	-0.17***	0.08	-0.36**	0.01
	<i>p-value</i>	0.0091	0.0063	0.0000	0.0029	0.0000	0.3693	0.0053	0.2604
Проект 0.854	оценка	4.45	0.15***	0.86***	0.05**	-0.13**	0.11	-0.17	0.02*
	<i>p-value</i>	0.2407	0.0000	0.0000	0.0046	0.0025	0.3569	0.3368	0.0340

Таблица 7

Оценка мезоуровневой модели для проектных регионов

Table 7

Estimations of the meso-level model for project regions

СТЭД Adj. R ²	Вид значения	Проектные регионы							
		lnA	α	β	δ	θ	$\bar{\delta}$	$\bar{\theta}$	γ
Объект 0.894	оценка	5.46	0.39***	0.44***	-0.03	0.26***	-0.09	-0.13	0.00
	<i>p-value</i>	0.3925	0.0000	0.0000	0.6312	0.0001	0.6593	0.6751	0.8647
Среда 0.864	оценка	6.47*	0.00	0.88***	0.07**	0.08*	-0.18*	-0.12	-0.00
	<i>p-value</i>	0.0256	0.5355	0.0000	0.0022	0.0490	0.0421	0.3919	0.8080
Процесс 0.904	оценка	7.45.	-0.03*	1.03***	-0.01	0.14**	-0.10	-0.32.	0.01
	<i>p-value</i>	0.0590	0.0119	0.0000	0.8325	0.0041	0.4157	0.0967	0.2995
Проект 0.854	оценка	5.42	0.44***	0.51***	0.02	0.11.	0.08	-0.28	-0.00
	<i>p-value</i>	0.3119	0.0000	0.0000	0.6071	0.0922	0.6364	0.2710	0.9498

тельной, однако значение *p-value* не позволяет отвергнуть гипотезу о незначимости коэффициента. Предполагаемой причиной подобной оценки отрицательного влияния внешнего ИКР-труда на ВРП может являться более высокая стоимость привлечения внешних трудовых ресурсов в информационно-коммуникационной деятельности по сравнению той же стоимостью трудовых ресурсов внутри региона.

Оценки коэффициентов δ , θ , $\bar{\delta}$ имеют меньшую однозначность, отличаясь зна-

ком и *p-value* в зависимости от СТЭД. Влияние локализованных в регионе ИКР-труда и ИКР-капитала для объектных и средовых СТЭД в объектных регионах значимо положительно, а для процессных и проектных СТЭД, за исключением ИКР-труда для процессных СТЭД, незначимо отрицательно. При этом единственное значимое влияние внешнего ИКР-капитала также является отрицательным, что позволяет обобщить предполагаемую причину большей

Оцененная мезоуровневая модель

Table 8

Evaluated meso-level model

Системный тип региона	СТЭД	Формула модели для соответствующего пересечения
Объект	Объект	$Y = K^{0.34} L^{0.42} K_i^{0.07} L_i^{0.11} e^{0.00 \cdot T + 9.99} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{0.10} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.42}$
Объект	Среда	$Y = K^{0.00} L^{0.81} K_i^{0.06} L_i^{0.03} e^{0.00 \cdot T + 12.23} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{-0.16} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.34}$
Объект	Процесс	$Y = K^{0.04} L^{1.09} K_i^{-0.01} L_i^{-0.06} e^{0.01 \cdot T + 6.63} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{0.00} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.31}$
Объект	Проект	$Y = K^{0.14} L^{0.91} K_i^{-0.01} L_i^{-0.03} e^{0.03 \cdot T + 9.98} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{-0.07} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.35}$
Среда	Объект	$Y = K^{0.05} L^{0.32} K_i^{0.07} L_i^{0.47} e^{0.04 \cdot T + 10.22} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{0.30} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.62}$
Среда	Среда	$Y = K^{-0.02} L^{0.78} K_i^{0.06} L_i^{0.19} e^{0.01 \cdot T + 8.94} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{-0.13} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.28}$
Среда	Процесс	$Y = K^{0.07} L^{0.92} K_i^{0.00} L_i^{-0.24} e^{0.00 \cdot T + 3.85} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{0.21} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.16}$
Среда	Проект	$Y = K^{-0.05} L^{0.90} K_i^{0.04} L_i^{-0.23} e^{0.03 \cdot T + 13.88} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{-0.16} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.23}$
Процесс	Объект	$Y = K^{0.12} L^{0.64} K_i^{0.07} L_i^{-0.06} e^{0.02 \cdot T + 5.75} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{0.09} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.11}$
Процесс	Среда	$Y = K^{0.01} L^{0.82} K_i^{0.05} L_i^{0.04} e^{0.00 \cdot T + 14.18} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{-0.17} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.43}$
Процесс	Процесс	$Y = K^{0.03} L^{1.10} K_i^{0.04} L_i^{-0.17} e^{0.01 \cdot T + 6.92} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{0.08} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.36}$
Процесс	Проект	$Y = K^{0.15} L^{0.86} K_i^{0.05} L_i^{-0.13} e^{0.02 \cdot T + 4.45} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{0.11} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.17}$
Проект	Объект	$Y = K^{0.39} L^{0.44} K_i^{-0.03} L_i^{0.26} e^{0.00 \cdot T + 5.46} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{-0.09} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.13}$
Проект	Среда	$Y = K^{0.00} L^{0.88} K_i^{0.07} L_i^{0.08} e^{0.00 \cdot T + 6.47} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{-0.18} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.12}$
Проект	Процесс	$Y = K^{-0.03} L^{1.03} K_i^{-0.01} L_i^{0.14} e^{0.01 \cdot T + 7.45} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{-0.10} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.32}$

Окончание табл. на след. стр.

Системный тип региона	СТЭД	Формула модели для соответствующего пересечения
Проект	Проект	$Y = K^{0.44} L^{0.51} K_i^{0.02} L_i^{0.11} e^{0.00 \cdot T + 5.42} \left(\sum_k K_{ik} \right)^{0.08} \left(\sum_k L_{ik} \right)^{-0.28}$

стоимости внешних для региона ИКР по сравнению с внутренними.

Для средовых регионов внешнее влияние ИКР-труда также оценено как отрицательное, однако в силу высоких значений *p-value* оно является статистически незначимым. При этом высокую значимость имеет влияние внутренних ИКР для объектных и средовых СТЭД, что в целом не противоречит обозначенному противопоставлению внутренних и внешних ИКР.

Однако, в частности, внутреннее влияние ИКР-труда для процессных и проектных СТЭД в средовых регионах является значимо отрицательным. Данное обстоятельство может свидетельствовать о неэффективном использовании ИКР-труда в непрофильной деятельности средовых регионов, либо о недостаточной адаптации человеческих ресурсов к условиям информационно-цифровой действительности, поскольку в то же самое время внутреннее влияние ИКР-капитала для процессных и проектных СТЭД в средовых регионах значимо положительно.

В целом, картина оказываемого на ВРП для процессных регионов схожа с объектными и средовыми регионами: значимые отрицательные коэффициенты внешнего влияния ИКР и по большей части положительное влияние внутренних ИКР. Отдельно обращает на себя внимание отрицательное влияние ИКР-труда на профильную деятельность процессных регионов. Предполагаемая причина подобной оценки аналогична причине отрицательного влияния ИКР-труда для средовых регионов — слабая эффективность сотрудников предприятий, занятых в области информации и связи и неготовность этих сотрудников работать в современных условиях.

Оценка проектных регионов представляет особый интерес поскольку основная деятельность проектных регионов связана, по большей части, с добычей полезных ископаемых. По отношению к проектным регионам уже нельзя заявляться об однозначном отрицательном влиянии внешнего ИКР-труда — *p-value* не подтверждает значимость ни одного коэффициента на уровне значимости 95 %. В то же время все значимые коэффициенты для внутренних ИКР являются положительными. Полученные

оценки для проектных регионов можно объяснить спецификой работы в таких регионах: частое применение вахтового метода, а также привлечение лучших специалистов из доступных трудовых ИКР за счет больших возможностей финансирования.

Таким образом, всю оцененную мезоуровневую модель можно записать формально в виде шестнадцати формул для пересечения СТЭД и системного типа региона, представленных в таблице 8.

Исходя из представленных оценок и проверок гипотез на значимость коэффициентов можно отметить, что все значимые оценки влияния внешних ИКР на ВРП являются отрицательными. В то же время все значимые оценки внутреннего влияния ИКР-капитала являются положительными, при этом абсолютное значение коэффициентов в несколько раз меньше значений коэффициентов внешнего влияния, что говорит о небольшой силе внутреннего влияния ИКР-капитала по сравнению с внешним. Внутреннее влияние ИКР-труда является неоднозначным и зависит от региона и СТЭД, при этом по силе это влияние сопоставимо с внешним влиянием ИКР. Так, например, можно уверенно говорить о том, что внутренние ИКР Пермского края, который имеет объектный СТЭД, положительно влияют на профильную деятельность в регионе, внешнее влияние ИКР-капитала неоднозначно, а внешнее влияние ИКР-труда отрицательно, что говорит о необходимости развития и сохранения внутренних человеческих ИКР, не допуская их утечку за пределы региона.

Заключение

Применение пространственно-временной теории экономических систем на уровне региональной экономики позволило составить типологию видов экономической деятельности и, вслед за ней, распределить российские регионы по системным типам. Составленная типология и проведенное разделение могут уточняться по мере появления альтернативных интерпретаций преобразований экономических благ в экономических системах, учета вспомогательных системных функций, а также новых статистических данных.

Наложение типологии и разделения регионов на интеграционную природу средовых экономических систем, в свою очередь, обеспечило построение мезоуровневой модели, центральное место в которой отведено информационно-коммуникационной деятельности. Построенная мезоуровневая модель позволяет объяснить влияние ИКР на экономическое развитие регионов в общем и на ВРП — в частности. Использование математико-статистического аппарата позволило получить достоверную оценку мезоуровневой модели и провести анализ полученной оценки.

Согласно проведенному анализу, можно осуществить разделение ИКР по группам влияния. Внутренние капитальные ИКР оказывают слабое положительное влияние на ВРП. Внешние трудовые и капитальные ИКР оказывают сильное отрицательное влияние на ВРП. Внутренние трудовые ИКР могут оказывать как сильное положительное, так и сильное от-

рицательное влияние на ВРП, в зависимости от региона и экономической деятельности.

Таким образом, цель исследования является достигнутой за счет полного выполнения поставленных задач. Обоснованная на теоретическом уровне гипотеза об отрицательном влиянии внешних ИКР на ВРП подтверждена статистически для части регионов и СТЭД, при этом другая гипотеза — о положительном влиянии внешних ИКР на ВРП — статистически не подтверждается ни для одного региона и СТЭД. При сохранении динамики развития информационно-коммуникационных технологий для обеспечения экономического развития во всех регионах требуется развивать внутренние региональные ИКР, в первую очередь трудовые, не допуская их утечки в другие регионы. Данная задача является комплексной и требует дополнительных исследований, в качестве основы которых можно использовать результаты настоящей работы.

Список источников

1. Попов Е. В., Семячков К. А., Симонова В. Л. Оценка влияния информационно-коммуникационных технологий на инновационную активность регионов // *Финансы и кредит*. 2016. № 46 (718). С. 46–60.
2. Голова И. М., Суховой А. Ф. Инновационно-технологическое развитие промышленных регионов в условиях социально-экономической нестабильности // *Экономика региона*. 2015. № 1. С. 132–143. DOI: <https://doi.org/10.17059/2015-1-12>.
3. Wu S. P.-J., Straub D. W., Liang T.-P. How information technology governance mechanisms and strategic alignment influence organizational performance: insights from a matched survey of business and IT managers // *MIS Quarterly*. 2015. No. 2. P. 497–518. DOI: <https://doi.org/10.25300/MISQ/2015/39.2.10>.
4. Попов Е. В., Сухарев О. С. Движение к цифровой экономике. Влияние технологических факторов // *Экономика. Налоги. Право*. 2018. № 1. С. 26–35. DOI: <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2018-11-1-26-35>.
5. Попов Е. В., Семячков К. А., Файрузова Д. Ю. Социотехнологические драйверы развития цифровой экономики // *Вестник УРФУ*. 2019. № 1. С. 8–26. (*Экономика и управление*). DOI: <https://doi.org/10.15826/vestnik.2019.18.1.001>.
6. Влияние глобальных экономических вызовов на развитие рынков будущего / Ю. Г. Лаврикова, Е. Л. Андреева, А. Г. Тарасов, А. В. Рагнер // *Экономика и управление*. 2019. № 9. С. 34–42. DOI: <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2019-9-34-42>.
7. The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review / M. Nicola, Z. Alsafi, C. Sohrabi, A. Kerwan, etc. // *International Journal of Surgery*. 2020. No. 78. P. 185–193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2020.04.018>.
8. Зелинская М. В. Параметры мезо-уровня организации экономических отношений // *Психология. Экономика. Право*. 2012. № 1. С. 65–76.
9. Саидахмедова М. Б., Козлова И. В. Исследование экономических систем методами математического моделирования // *Транспортное дело России*. 2018. № 3. С. 7–10.
10. Porat M. U. *The Information Economy: Definition and Measurement*. Washington : Office of Telecommunications, 1977. 319 p.
11. Schiller D. *Digital Capitalism: Networking the Global Market System*. Massachusetts : The MIT Press, 2000. 294 p.
12. Garnham N. Class analysis and the information society as mode of production // *Javnost. The Public*. 2004. No. 3. P. 93–104. DOI: <https://doi.org/10.1080/13183222.2004.11008862>.
13. Fuchs C. Capitalism or information society? The fundamental question of the present structure of society // *European Journal of Social Theory*. 2012. No. 4. P. 413–434. DOI: <https://doi.org/10.1177/1368431012461432>.
14. Клейнер Г. Б. Системная парадигма и теория предприятия // *Вопросы экономики*. 2002. № 10. С. 47–69.
15. Клейнер Г. Б. Системная парадигма и экономическая политика // *Общественные науки и современность*. 2007. № 2; С. 141–149; № 3. С. 99–114.
16. Корнаи Я. Системная парадигма // *Вопросы экономики*. 2002. № 4. С. 4–23.
17. Гареев Т. Р. Институты и экономическое развитие на субрегиональном (мезо-) уровне // *Общественные науки и современность*. 2010. № 5. С. 45–58.
18. Клейнер Г. Б. Новая теория экономических систем и ее приложения // *Вестник РАН*. 2011. № 9. С. 794–811.

19. Клейнер Г. Б. Системная парадигма и системный менеджмент // Российский журнал менеджмента. 2008. № 3. С. 27–50.
20. Fisher A. G. B. Production, primary, secondary and tertiary // *Economic Record*. 1939. No. 15. P. 24–38.
21. Tobin J., Yellen J. *World Finance and Economic Stability: Selected Essay of James Tobin*. Cheltenham : Edward Elgar, 2003. 238 p.
22. Stiglitz J. *Finance for Development. Development Dilemmas: The Methods and Political Ethics of Growth Policy*. New York : Routledge, 2005. 258 p.
23. Вагизова В. И., Захматов Д. Ю. Формирование взаимодействия инновационных систем финансового и реального секторов региональной экономики. Вопросы теории и финансово-хозяйственной практики // *Вестник экономики, права и социологии*. 2013. № 3. С. 16–19.
24. Does technological progress alter the nature of information technologies as a production input? New evidence and new results / P. Chwelos, R. Ramirez, K. L. Kraemer, N. P. Melville // *Information System Research*. 2010. No. 2(21). P. 392–408. DOI: <https://doi.org/10.1287/isre.1090.0229>.
25. Левина И. К вопросу о соотношении реального и финансового секторов // *Вопросы экономики*. 2006. № 9. С. 83–102. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2006-9-83-102>.
26. Блауберг И. В., Юдин Э. Г. *Становление и сущность системного подхода*. М. : Наука, 1973, 271 с.
27. Ерохина Е. А. *Теория экономического развития*. Томск : Издательство Томского Университета, 1999, 160 с.
28. Эскерханов Л. У., Шамилев С. Р. Неравномерность социально-экономического развития регионов РФ // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5. С. 391.
29. Калужнова Н. Я. Конкурентоспособность российских регионов в условиях глобализации. Иркутск : ООО «ТЕИС», 2004. 526 с.
30. Бартов О. Б., Третьякова Е. А. Теоретические аспекты влияния информационно-коммуникационных технологий на социально-экономическое развитие региона // *Журнал экономической теории*. 2019. № 4. С. 705–715. DOI: <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2019.16-4.8>.
31. Лычагина Т. А., Пахомова Е. А., Писарева Д. А. Применение аппарата производственных функций для анализа влияния состояния основных фондов на экономический рост РФ // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2016. № 10. С. 4–19.
32. Горидько Н. П., Нижегородцев Р. М. Построение лаговых регрессионных моделей типа Кобба-Дугласа на долгосрочных временных горизонтах // *Проблемы управления*. 2012. № 3. С. 55–63.
33. Якупов З. Я., Галимова Р. К. Методы наименьших квадратов и наименьших модулей в научно-технических расчетах. Казань : КНИТУ-КАИ, 2017. 140 с.
34. Мун Д. Е., Разумовская М. И. Проблемы использования метода производственной функции для прогнозирования потребности экономики в наемном труде // *Власть и управление на востоке России*. 2013. № 4. С. 60–64.
35. Гребнев М. И. Агрегированная производственная функция с учетом научно-технического прогресса для экономики России // *Вестник пермского университета. Экономика*. 2015. № 4. С. 71–79.
36. Наумов И. В. Проблемы прогнозирования валового выпуска в региональной социально-экономической системе // *Журнал экономической теории*. 2017. № 4. С. 68–83.
37. Timmerman M. E. Principal Component Analysis // *Journal of the American Statistical Association*. 2003. No. 98. P. 1082–1083.
38. Lauridsen J., Kosfeld R. Spurious spatial regression and heteroscedasticity // *Journal of Spatial Science*. 2011. No. 1. P. 59–72. DOI: <https://doi.org/10.1080/14498596.2011.567411>.
39. Белинский С. П. Основные способы исследования рядов в эконометрике // *Гуманитарные науки и образование в Сибири*. 2016. № 4. С. 49–53.
40. Newey W., West D. K. A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix // *Econometrica*. 1987. No. 3. P. 703–708.
41. Spatial data analysis with R programming for environment / E. Kaya, M. Agca, F. Adiguzel, M. Cetin // *Human and Ecological Risk Assessment International Journal*. 2018. No. 6. P. 1521–1530. DOI: <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1470896>.
42. Ивченко Ю. С. Определение основных факторов уровня валового регионального продукта методами эконометрического моделирования по совокупности регионов Российской Федерации // *Статистика и экономика*. 2019. № 6. С. 4–18. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2019-6-4-18>.
43. Benjamini Y., Hochberg Y. Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing // *Journal of the Royal Statistical Society*. 1995. No. 1. P. 289–300.
44. Salmeron R., Garcia C. B., Garcia J. Variance Inflation Factor and Condition Number in multiple linear regression // *Journal of Statistical Computation and Simulation*. 2018. No. 12. P. 2365–2384. DOI: <https://doi.org/10.1080/00949655.2018.1463376>.

References

1. Popov, E. V., Semyachkov, K. A. & Simonova, V. L. (2016). Assessing the impact of information and communication technologies on innovative activity of regions. *Finansy i kredit [Finance and Credit]*, 46, 46–60. (In Russ.)

2. Golova, I. M. & Sukhovey, A. F. (2015). Innovation and technological development of industrial regions in the conditions of socioeconomic insecurity. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 1, 132–143. DOI: 10.17059/2015–1–12. (In Russ.)
3. Wu, S.P.-J., Straub, D.W. & Liang, T.-P. (2015). How information technology governance mechanisms and strategic alignment influence organizational performance: insights from a matched survey of business and IT managers. *MIS Quarterly*, 2, 497–518. DOI: 10.25300/MISQ/2015/39.2.10.
4. Popov, E. V. & Sukharev, O. S. (2018). Movement Towards Digital Economy: the Impact of Technological Factors. *Ekonomika. Nalogi. Pravo [Economics, Taxes and Law]*, 1, 26–35. DOI: 10.26794/1999–849X-2018–11–1–26–35. (In Russ.)
5. Popov, E. V., Semyachkov, K. A. & Fairuzova, D. Yu. (2019). Sociotechnological Drivers Development of the Digital Economy. *Vestnik URFU. Seriya: Ekonomika i upravlenie [Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management]*, 1, 8–26. DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.1.001. (In Russ.)
6. Lavrikova, Yu. G., Andreeva, E. L., Tarasov, A. G. & Ratner, A. V. (2019). Impact of Global Economic Challenges on the Development of Future Markets. *Ekonomika i upravlenie [Economics and Management]*, 9, 34–42. DOI: 10.35854/1998–1627–2019–9–34–42 (In Russ.)
7. Nicola, M., Alsafi, Z., Sohrabi, C., Kerwan, A., Al-Jabir, A., Iosifidis, C., Agha, M. & Agha, R. (2020). The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review. *International Journal of Surgery*, 78, 185–193. DOI: 10.1016/j.ijssu.2020.04.018.
8. Zelinskaya, M. V. (2012). Meso-level parameters of economic relations organization. *Psikhologiya. Ekonomika. Pravo [Psychology. Economics. Law]*, 1, 65–76. (In Russ.)
9. Saidakhmedova, M. B. & Kozlova, I. V. (2018) Study of economic systems by methods of mathematical modeling. *Transportnoe delo Rossii [Transport business of Russia]*, 3, 7–10. (In Russ.)
10. Porat, M. U. (1977). *The Information Economy: Definition and Measurement*. Washington: Office of Telecommunications, 319.
11. Schiller, D. (2000). *Digital Capitalism: Networking the Global Market System*. Massachusetts: The MIT Press, 294.
12. Garnham, N. (2004). Class Analysis and the Information Society as Mode of Production. *Javnost — The Public*, 11(3), 93–104. DOI: 10.1080/13183222.2004.11008862.
13. Fuchs, C. (2012). Capitalism or information society? The fundamental question of the present structure of society. *European Journal of Social Theory*, 4, 413–434. DOI: 10.1177/1368431012461432.
14. Kleiner, G. B. (2002). The System Paradigm and the Enterprise Theory. *Voprosy Ekonomiki*, 10, 47–69. (In Russ.)
15. Kleiner, G. B. (2007). System paradigm and economic policy. *Obshchestvennyye nauki i sovremennost [Social Sciences and Contemporary World]*, 2, 141–149; 3, 99–114. (In Russ.)
16. Kornai, J. (2002). System paradigm. *Voprosy Ekonomiki*, 4, 4–23. (In Russ.)
17. Gareev, T. R. (2010). Institutions and economic development at the sub-regional level. *Obshchestvennyye nauki i sovremennost [Social Sciences and Contemporary World]*, 5, 45–58. (In Russ.)
18. Kleiner, G. B. (2011). A new theory of economic systems and its applications. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk [Herald of the Russian Academy of Sciences]*, 9, 794–811. (In Russ.)
19. Kleiner, G. B. (2008). The system paradigm and system management. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta [Russian management journal]*, 3, 27–50. (In Russ.)
20. Fisher, A. G. B. (1939). Production, primary, secondary and tertiary. *Economic Record*, 15, 24–38.
21. Tobin, J. & Yellen, J. (2003). *World Finance and Economic Stability: Selected Essay of James Tobin*. Cheltenham: Edward Elgar, 238.
22. Stiglitz, J. (2005). *Finance for Development. Development Dilemmas: The Methods and Political Ethics of Growth Policy*. New York: Routledge, 258.
23. Vagizova, V. I. & Zakhmatov, D. Y. (2013). Formation of Innovation Systems of Interaction of Real and Financial Sectors of Regional Economy: Theory and Financial and Economic Practices. *Vestnik ekonomiki, prava i sotsiologii [The Review of Economy, the Law and Sociology]*, 3, 16–19. (In Russ.)
24. Chwelos, P., Ramirez, R., Kraemer, K. L. & Melville, N. P. (2010). Research Note—Does Technological Progress Alter the Nature of Information Technology as a Production Input? New Evidence and New Results. *Information Systems Research*, 21(2), 392–408. DOI: 10.1287/isre.1090.0229. (In Russ.)
25. Levina, I. (2006). On the Relationship between the Financial Sector and the Real Economy. *Voprosy Ekonomiki*, 9, 83–102. DOI: 10.32609/0042–8736–2006–9–83–102. (In Russ.)
26. Blauberg, I. V. & Yudin, E. G. (1973). *Stanovlenie i sushchnost sistemnogo podkhoda [Formation and essence of the system approach]*. Moscow: Naukaran, 271. (In Russ.)
27. Erokhina, E. A. (1999). *Teoriya ekonomicheskogo razvitiya [Theory of economic development]*. Tomsk: Tomsk University, 160. (In Russ.)
28. Eskerhanov, L. U. & Shamilev, S. R. (2014). The unevenness of the socio-economic development of regions of the Russian Federation. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]*, 5, 391. (In Russ.)
29. Kalyuzh nova, N. Ya. (2004). *The competitiveness of Russian regions in the era of globalization*. Irkutsk: TEIS, 526. (In Russ.)

30. Bartov, O. B. & Tretyakova, E. A. (2019). Theoretical Aspects of the Impact of Information and Communication Technologies on the Socio-Economic Development of Regions. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii [Russian Journal of Economic Theory]*, 16(4), 705–715. DOI: 10.31063/2073–6517/2019.16–4.8. (In Russ.)
31. Lychagina, T. A., Pakhomova, E. A. & Pisareva, D. A. (2016). The applications of production functions to analyze the effect of fixed assets of economic growth in the Russian Federation. *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost [National Interests: Priorities and Security]*, 10, 4–19. (In Russ.)
32. Goridko N.P., Nizhegorodtsev R.M. (2012). Elaborating on long-run lag regressional models of Cobb-Douglas type. *Problemy upravleniya [Control sciences]*, 3, 55–63. (In Russ.)
33. Yakupov, Z. Ya. & Galimova, R. K. (2017). *Metody naimenshikh kvadratov i naimenshikh moduley v nauchno-tekhnicheskikh raschetakh [The least squares and the least modules methods in scientific and technical calculations]*. Kazan: KNRTU-KAI, 140. (In Russ.)
34. Moon, D. E. & Razumovskaya, M. I. (2013). The problems of use a production function's method for forecasting of the needs of economy in wage labor. *Vlast i upravlenie na vostoке Rossii [Power and administration in the East of Russia]*, 4, 60–64. (In Russ.)
35. Grebnev, M. I. (2015). The aggregate production function for the Russian economy (with progress in science and technology considered). *Vestnik permskogo universiteta. Seriya "Ekonomika" [Perm University Herald. Economy]*, 4, 71–79. (In Russ.)
36. Naumov, I. V. (2017). The problems of gross output forecasting in the regional socio-economic system. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii [Russian Journal of Economic Theory]*, 4, 68–83. (In Russ.)
37. Timmerman, M. E. (2003). Principal Component Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 98, 1082–1083.
38. Lauridsen, J. & Kosfeld, R. (2011). Spurious spatial regression and heteroscedasticity. *Journal of Spatial Science*, 1, 59–72. DOI: 10.1080/14498596.2011.567411.
39. Belinsky, S. P. (2016). Research methods main series in econometrics. *Gumanitarnye nauki i obrazovanie v Sibiri [The humanities and education in Siberia]*, 4, 49–53. (In Russ.)
40. Newey, W. & West, D. K. (1987). A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. *Econometrica*, 3, 703–708.
41. Kaya, E., Agca, M., Adiguzel, F. & Cetin, M. (2018). Spatial data analysis with R programming for environment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 6, 1521–1530. DOI: 10.1080/10807039.2018.1470896.
42. Ivchenko, Yu. S. (2019). Determination of the main factors of the gross regional product level by econometric modeling methods for the totality of regions of the Russian Federation. *Statistika i ekonomika [Statistics and Economics]*, 6, 4–18. DOI: 10.21686/2500–3925–2019–6–4–18. (In Russ.)
43. Benjamini, Y. & Hochberg, Y. (1995). Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1, 289–300.
44. Salmeron, R., Garcia, C. B. & Garcia, J. (2018). Variance Inflation Factor and Condition Number in multiple linear regression. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 12, 2365–2384. DOI: 10.1080/00949655.2018.1463376.

Информация об авторах

Бартов Олег Борисович — ведущий системный аналитик, АО «Группа «СВЭЛ»; аспирант, Пермский государственный национальный исследовательский университет; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; <https://orcid.org/0000-0002-1471-2426> (Российская Федерация, 614000, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: bartov@inbox.ru).

Третьякова Елена Андреевна — доктор экономических наук, профессор, Пермский государственный национальный исследовательский университет; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; Scopus Author ID: 55888410400, Researcher ID: M-7494-2017; <https://orcid.org/0000-0002-9345-1040> (Российская Федерация, 614000, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: e.a.t.pnrpu@yandex.ru).

About the authors

Oleg B. Bartov — Lead System Analyst, JSC «SVEL Group»; PhD student, Perm State University; Higher School of Economics; <https://orcid.org/0000-0002-1471-2426> (15, Bukireva St., Perm, 614000, Russian Federation; e-mail: bartov@inbox.ru).

Elena A. Tretyakova — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Perm State University; Higher School of Economics; Scopus Author ID: 55888410400; Researcher ID: M-7494-2017, <https://orcid.org/0000-0002-9345-1040> (15, Bukireva St., Perm, 614000, Russian Federation; e-mail: e.a.t.pnrpu@yandex.ru).

Дата поступления рукописи: 29.02.2020.

Прошла рецензирование: 30.06.2020.

Принято решение о публикации: 23.03.2021.

Received: 29 Feb 2020

Reviewed: 30 Jun 2020

Accepted: 23 Mar 2021