

DOI: 10.26794/1999-849X-2026-19-4-83-93
УДК 332.1:001.895
JEL C23, O31, O33, R11

Ограничения комплементарности и нелинейные эффекты цифровой среды и исследовательского кадрового потенциала в инновационной динамике регионов

С.И. Кравченко, А.В. Гурнак

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования — взаимосвязь цифровой среды, исследовательского кадрового потенциала и инновационных результатов в регионах Российской Федерации в условиях сохраняющейся региональной асимметрии и структурных ограничений. **Цель** работы — эмпирическая оценка модерационных эффектов цифровой среды и исследовательского кадрового потенциала на трансформацию инновационных затрат в инновационный результат, а также проверка нелинейного характера влияния цифровизации на инновационную динамику регионов. **Методология** базируется на концепции комплементарных активов. Эмпирическая база — данные Росстата по 75 субъектам РФ за 2014–2024 гг. Использована линейная панельная модель с фиксированными эффектами регионов и годовыми фиктивными переменными, а также модель случайных эффектов как сравнительная спецификация. Применены тесты Бреуша — Пагана, Хаусмана, VIF и тест Песарана для обоснования выбора модели и диагностики мультиколлинеарности и кросс-секционной зависимости. В **результате** исследования установлено, что влияние линейных модерационных эффектов цифровой среды и исследовательского кадрового потенциала на связь между инновационными затратами и инновационным результатом статистически незначимо во всех рассмотренных спецификациях. Это интерпретируется как свидетельство об ограниченной применимости линейной версии концепции комплементарных активов к российским регионам. В то же время подтверждена U-образная зависимость влияния цифровой среды на инновационный результат: положительные и значимые коэффициенты при линейном и квадратичном членах индекса цифровой среды указывают на возрастающую отдачу после достижения критического уровня цифровой зрелости. Выявлен устойчивый отрицательный эффект инвестиций в основной капитал, интерпретируемый как проявление инвестиционного вытеснения инновационной активности в условиях преобладания ресурсно-ориентированных и капиталоемких отраслей. Положительное влияние валового регионального продукта (далее — ВРП) на душу населения подтверждает роль экономического развития, но не компенсирует структурных ограничений. **Научный вклад** исследования состоит в одновременном тестировании модерационных и нелинейных эффектов цифровой среды и исследовательского кадрового потенциала на панельных данных российских регионов за расширенный период, включая интерпретацию статистически незначимых модерационных результатов как содержательного свидетельства контекстной зависимости комплементарных активов, а не как методологического артефакта. Полученные результаты задают основу для дальнейших исследований пороговых эффектов цифровизации, пространственных спilloверов знаний и дифференциации эффектов по типам региональных инновационных систем. **Практическая значимость** исследования состоит в обосновании дифференцированной региональной инновационной политики: для территорий с низким уровнем цифровой зрелости приоритетом должно стать достижение минимально достаточного уровня инфраструктурного развития, тогда как в регионах с выраженной сырьевой специализацией необходима переориентация инвестиционных потоков на технологическое обновление, R&D и высокотехнологичные сервисы.

Ключевые слова: инновационный результат; цифровая среда; исследовательский кадровый потенциал; региональная экономика; модерационные эффекты; нелинейность; панельные данные; пороговые эффекты; комплементарные активы

Для цитирования: Кравченко С.И., Гурнак А.В. Ограничения комплементарности и нелинейные эффекты цифровой среды и исследовательского кадрового потенциала в инновационной динамике регионов. *Экономика. Налоги. Право.* 2026;19(4):83–93. DOI: 10.26794/1999-849X-2026-19-4-83-93

The Impact of the Digital Environment and Research Staff Potential on Regional Innovation Dynamics, Considering Complementarity Constraints and Nonlinear Effects

S.I. Kravchenko, A.V. Gurnak

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Study **topic**: Regional asymmetry and structural constraints in Russian Federation regions and their impact on the digital environment, research staff potential, and innovation output. The work's **goal**: To empirically evaluate how the digital environment and research staff capabilities influence the conversion of innovation spending into innovation results, while also examining if digitalization's effect on regional innovation is non-linear. The **methodology** is rooted in the principle of complementary assets. The empirical basis is Rosstat data for 75 constituent entities of the Russian Federation for 2014–2024. The analysis involves a linear panel model with fixed regional and year dummy effects, alongside a random effects model for comparative analysis. To justify model selection and diagnose multicollinearity and cross-sectional dependence, the Breusch–Pagan, Hausman, VIF, and Pesaran tests are utilized. The **results** indicate that the impact of linear moderation from the digital environment and research staff potential on innovation expenditure – output is not statistically significant in any of the analyzed scenarios. The authors see this as proof that the linear complementary assets concept has restricted use in Russia's regions. The study confirms a U-shaped link between the digital environment and innovation output: The digital environment index's linear and quadratic terms show positive and significant coefficients, indicating that returns grow after a key level of digital maturity is attained. The consistent negative impact of fixed capital investment is understood as innovation activity being displaced by investment, especially in resource- and capital-intensive sectors. The positive impact of the gross regional product (GRP) per capita confirms the role of economic development, but does not compensate for structural limitations. **The scientific contribution** of this study is the simultaneous testing of the moderating and nonlinear effects of the digital environment and research human resources on panel data from Russian regions over an extended period, including the interpretation of statistically insignificant moderating results as meaningful evidence of the contextual dependence of complementary assets rather than as a methodological artifact. It also interprets non-significant moderation findings as substantive proof of complementary assets' context dependency, not as a methodological flaw. The findings lay the groundwork for continued investigation into digitalization's threshold effects, spatial knowledge spillovers, and how effects vary across different regional innovation systems. The study's **practical value** lies in supporting a varied regional innovation strategy. For areas with low digital development, the focus should be on reaching a basic infrastructure level. Conversely, regions with strong resource specialization need to shift investments towards technological renewal, R&D, and high-tech services.

Keywords: innovation output; digital environment; research staff potential; regional economy; moderation effects; nonlinearity; panel data; threshold effects; complementary assets

For citation: Kravchenko S.I., Gurnak A.V. The impact of the digital environment and research staff potential on regional innovation dynamics, considering complementarity constraints and nonlinear effects. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2026;19(4):83-93. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849X-2026-19-4-83-93

ВВЕДЕНИЕ

Для российских регионов с асимметричной экономической структурой, научно-технологической базой, урбанизацией и цифровой средой ключевым становится вопрос об условиях трансформации инновационных затрат в измеримые результаты: патенты, новые технологии и инновационные продукты. Теоретически данная постановка восходит к концепции комплементарных активов [1], согласно которой цифровая среда и исследовательский потенциал должны усиливать отдачу от инвестиций в ин-

новации. Однако эмпирические свидетельства неоднозначны: модерационные эффекты (когда воздействие одного экономического фактора на результат не является постоянным, а зависит от величины другого) могут быть статистически незначимы или отрицательны [2–4], а данные о нелинейном влиянии цифровой инфраструктуры [5–7] ставят под сомнение адекватность линейных моделей. Таким образом, выявление и оценка существующих зависимостей между цифровой средой, исследовательским кадровым потенциалом и динамикой инновационных ре-

зультатов в регионах РФ являются актуальными и требуют эмпирической верификации.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Современная профильная научная литература о региональных инновациях исходит из того, что инновационный результат многофакторен и территориально обусловлен, поэтому выбор одного индикатора (патенты или продукция) искажает картину региональных различий [8]. Для переходных и развивающихся экономик обоснован двухстадийный подход, различающий факт создания знания и процесс его коммерциализации [9]. Для российской выборки такая логика особенно важна, поскольку регионы могут иметь высокую научную активность при низкой рыночной отдаче или производить инновационную продукцию на заимствованных технологиях.

Теоретической основой исследования является концепция комплементарных активов, предполагающая, что эффективность инновационных затрат зависит от дополнительных ресурсов, которые сами по себе не генерируют новшества, но повышают отдачу от инвестиций. В нашем контексте это цифровая инфраструктура и исследовательские кадры.

Современные исследования подтверждают, что человеческий капитал важнее простого наращивания финансов [10], а пространственные перетоки знаний весьма значимы [11]. Также обосновывается существенный вклад университетов [12] и доказывается связь структуры человеческого капитала с патентной активностью [13]. При этом реализация потенциала кадров сдерживается недостаточной профориентацией и цифровой компетентностью преподавателей [14; 15], тогда как успех высокотехнологичных компаний среднего бизнеса демонстрирует важность инвестиций в человеческий капитал [16]. Отдельно рассматриваются структурные ограничения инновационного развития в ресурсно-ориентированных регионах [17].

Однако эмпирика не всегда подтверждает модерационные эффекты в инновациях: например, лицензирование иностранных технологий не усиливает связь интернет-возможностей фирм с инновациями [18], а эффекты цифровизации варьируются в зависимости от институционального развития [19]. То есть можно говорить о контекстной зависимости модерационных механизмов, которые могут не работать в условиях институциональной недостаточности или высокой региональной гетерогенности.

Накопленные данные свидетельствуют, что цифровизация не всегда оказывает линейный эффект. Zhang et al. [7] обнаружили зависимость эффекта от городского размера и инфраструктуры; Растворцева С. на панельных данных РФ показала более сильный эффект в технологически продвинутых регионах [20]; Han et al. [6] выявили пороговые эффекты для зеленых инноваций. Это согласуется с U-образной зависимостью, когда на ранней стадии цифровизация требует затрат, после достижения критической массы отдача растет. Для проверки этой нелинейности в регрессионную модель с фиксированными эффектами (FE) будет включен квадратичный член индекса цифровой среды.

Отечественные исследования подтверждают региональную асимметрию цифрового развития и рост ресурсных ограничений [21–23], что актуализирует анализ пороговых эффектов, включая цифровые интеллектуальные права [24]. Повестка цифровой трансформации смещается к прикладным драйверам [25], что требует учета цифровой зрелости бизнеса при оценке отдачи. Эмпирические оценки подтверждают, что цифровая инфраструктура и инвестиции — стабильные драйверы роста, а влияние занятости и образования контекстуально [26].

Наряду с цифровой и кадровой составляющей подчеркивается роль агломерации и инвестиционной структуры. Cai et al. [27] показали, что плотность населения усиливает инновационный выход, однако в ресурсно-ориентированных регионах характерна иная логика роста. Самусенко С. и др. [28] интерпретируют дефекты инновационных систем ресурсных регионов через слабость сетевых связей и институциональных механизмов. Международные исследования [29] также указывают на риск вытеснения инноваций традиционными инвестициями («ресурсное проклятие»), что ослабляет влияние исследовательского потенциала [28; 30]. Дополнительное свидетельство — прямая связь инновационности и потребления ресурсов [31].

Таким образом, выделяются три пробела: 1) недостаточно изучено, усиливают ли цифровая среда и кадры отдачу инновационных затрат в регионах РФ; 2) большинство исследований линейны, тогда как возможны пороговые эффекты; 3) роль инвестиционной структуры не прояснена в полной мере — капиталовложения могут закреплять традиционную специализацию и вытеснять R&D.

Настоящее исследование заполняет эти пробелы, тестируя модерационные эффекты, квадратичную

зависимость цифровой среды и связь инвестиций с инновационным результатом на панельных данных регионов РФ. Особое внимание уделяется интерпретации «нулевых» результатов для противодействия публикационному смещению [32]. Таким образом, с учетом неоднозначности данных, четыре гипотезы в работе формулируются как проверяемые предположения о наличии/отсутствии эффектов: Н1 — цифровая среда модифицирует связь затрат на инновации и полученные результаты; Н2 — уровень исследовательского кадрового потенциала модифицирует связь между инновационными затратами и инновационным результатом; Н3 — влияние цифровой среды на инновационный результат носит нелинейный характер; Н4 — инвестиции в основной капитал могут быть отрицательно связаны с инновационным результатом (эффект вытеснения). В целом предложенные гипотезы задают рамку эмпирической проверки в панельной модели.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данные и дизайн исследования

Эмпирическая база — официальные данные Росстата по 75 субъектам РФ за 2014–2024 гг. В выборку включены только регионы без систематических пропусков и ограничений по конфиденциальности. Первичный массив — 825 наблюдений типа «регион-год». Все объясняющие переменные заданы с лагом в два года для снижения риска обратной причинности и соответствия инновационному циклу (итоговая выборка — 675 наблюдений). Такой дизайн использует пространственную вариацию и временную динамику, что важно для инерционных инновационных процессов. Панельная структура позволяет контролировать ненаблюдаемую гетерогенность регионов (отраслевая структура, научная специализация, институциональное качество) и учитывать общие временные шоки (макроэкономические колебания, пандемия, санкции, изменение научно-технологической политики). Исследование имеет ограничения: возможная эндогенность (несмотря на лаги), неполнота индекса цифровой среды (данные Росстата не охватывают облачные технологии, большие данные, ИИ) и макроэкономические шоки, не полностью контролируемые временными эффектами.

Операционализация переменных

Операционализация переменных представлена в табл. 1. Зависимая переменная — композитный индекс инновационного результата как среднее

арифметическое двух мини-макси нормированных показателей: объема инновационных товаров, работ и услуг, а также числа выданных патентов на изобретения на 10 тыс. населения. Двойное измерение отражает как создание знания (патенты), так и его рыночную реализацию (инновационная продукция), что соответствует принятой практике анализа региональных инновационных систем [9; 33; 34].

Независимые переменные отобраны с учетом их теоретической связи с инновационным результатом [5; 9; 10; 33; 34]. Ключевой ресурсный фактор и независимая переменная — интенсивность затрат на инновационную деятельность (INN) — отношение затрат к ВРП, % — обеспечивает сопоставимость регионов разного масштаба. Вторая независимая переменная — цифровая среда (DIG) отражает доступность, распространенность и базовую цифровую зрелость. Третья переменная — исследовательский кадровый потенциал региона отражает не только объем научных кадров, но и способность территории генерировать, воспринимать и перерабатывать новые знания.

Контрольные переменные (ВРП и инвестиции в основной капитал на душу населения, доля городского населения, уровень занятости, численность студентов на 10 тыс. населения) позволяют контролировать уровень экономического развития, инвестиционную обеспеченность, агломерационные эффекты, состояние рынка труда и образовательную базу [10; 12; 27; 33; 34].

Количественные переменные (кроме индексов и процентов) логарифмированы для снижения асимметрии. Переменные для взаимодействий центрированы по средним для уменьшения мультиколлинеарности и повышения содержательности интерпретации коэффициентов при основных эффектах.

Эконометрическая спецификация и оценочные процедуры

Для проверки гипотез используется линейная панельная модель с фиксированными эффектами регионов и годовыми фиктивными переменными. Базовая спецификация представлена в виде следующей формулы:

$$Y_{ind_i,t} = \beta_0 + \beta_1 INN_{i,t-2} + \beta_2 INN_{i,t-2}^2 + \beta_3 DIG_{i,t-2} + \beta_4 DIG_{i,t-2}^2 + \beta_5 (INN * DIG)_{i,t-2} + \beta_6 RES_{i,t-2} + \beta_7 (INN * RES)_{i,t-2} + \gamma Controls_{i,t-2} + \alpha_i + v_t + \varepsilon_{it},$$

Таблица 1 / Table 1

Исследуемые переменные / Study variables

Переменная / Variables	Операционализация / Operationalization	Обозначение / Notation
Композитный индекс инновационного результата	Среднее двух мини-макси показателей: инновационная продукция и патенты на 10 тыс. населения	Y_{ind}
Интенсивность затрат на инновационную деятельность	Затраты на инновационную деятельность к ВРП, %	INN
Интегральный индекс цифровой среды	Среднее четырех мини-макси показателей: широкополосный доступ в интернет (далее — ШПД) организаций, ШПД домашних хозяйств, фиксированный ШПД на 100 человек, доля организаций с веб-сайтом	DIG
Исследовательский кадровый потенциал	Численность исследователей на 10 тыс. населения	RES
Уровень экономического развития	ВРП на душу населения, дефлированный, 2014 = 100	GRPrс
Инвестиционная обеспеченность	Инвестиции в основной капитал на душу населения, дефлированные, 2014 = 100	INVрс
Урбанизация и агломерационный эффект	Доля городского населения, %	URBAN
Состояние регионального рынка труда	Уровень занятости населения, %	EMP
Образовательная база	Численность студентов на 10 тыс. населения	STUD

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

где α_i — неизменяемые во времени региональные эффекты; v_t — временные эффекты; а ε_{it} — случайная ошибка; коэффициенты $\beta_1, \beta_3, \beta_6$ отражают частные эффекты при средних значениях взаимодействующих переменных (в силу центрирования); квадратичный член β_4 проверяет U-образность влияния цифровой среды; коэффициенты взаимодействий β_5 и β_7 показывают, насколько меняется отдача от инновационных затрат при увеличении уровня цифровой среды и исследовательского потенциала соответственно.

Годовые фиктивные переменные включены по результатам совместного теста значимости

Выбор между альтернативными панельными спецификациями осуществлялся тестами Бреуша — Пагана и Хаусмана. Приемлемость выбранной спецификации проверяется с использованием дополнительных диагностических процедур (матрица попарных коэффициентов корреляции, коэффициенты разбухания дисперсии (VIF), тест Песарана).

Предлагаемая методология соответствует логике региональных инновационных систем: инновационный результат — двухкомпонентный выход, затраты — ресурсный вход, цифровая среда и кадры — условия трансформации, макро- и социально-

демографические характеристики — структурный контекст.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно табл. 2, объем инновационных товаров варьирует от 0 до 8869,61 тыс. руб. (среднее 286,98, ст. откл. 477,48), патенты — от 0 до 7,17 (среднее 0,87, ст. откл. 0,75), что в обоих случаях фиксирует неравномерность инновационного выхода, характеризуя, тем не менее, её разные стороны.

Разброс объясняющих переменных также существен: INN — от 0,002 до 10,93% (среднее 1,46%); DIG — от 18,37 до 65,73%; RES — от 0,49 до 107,33 (среднее 13,59). Это подтверждает региональную неоднородность. Указанная разница может иметь принципиальное значение для интерпретации регрессионных результатов (сильная межрегиональная компонента может лучше улавливаться моделями случайных эффектов, тогда как модель фиксированных эффектов в большей степени будет опираться на внутрирегиональные изменения во времени).

Корреляционный анализ (табл. 3) показывает положительную связь Y_{ind} с RES ($r = 0,578$), DIG ($r = 0,393$) и INN ($r = 0,361$). Высокая корреляция между GRPrс и INVрс ($r = 0,747$) не критична (макс. VIF = 4,69), что в итоге не создает существенных рисков нестабильности оценок.

Таблица 2 / Table 2

**Описательные статистики по исходной выборке переменных /
Descriptive statistics for the original sample of variables**

Показатели / Indicators	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Для расчета зависимой					
Объем инновационных товаров, работ, услуг на 10 тыс. населения, тыс. руб.	825	286,98	477,48	0	8869,61
Количество выданных патентов на 10 тыс. населения	825	0,87	0,75	0	7,17
Независимые и контрольные переменные					
Затраты на инновационную деятельность к ВРП, % от ВРП	825	1,46	1,50	0,002	10,93
Индекс цифровой среды, %	825	47,54	7,05	18,37	65,73
Численность исследователей на 10 тыс. населения	825	13,59	15,67	0,49	107,33
Валовой региональный продукт на душу населения (дефлированный, 2014 = 100), рублей на человека	825	421 419,3	307 485,4	100 526,4	2 147 838,0
Инвестиции в основной капитал на душу населения (дефлированный, 2014 = 100), рублей на человека	825	93 253,29	82 258,59	14 034,1	578 202,2
Доля городского населения, в долях единицы	825	0,71	0,12	0,30	1,0
Уровень занятости населения, в долях единицы	825	0,60	0,05	0,47	0,74
Численность студентов на 10 тыс. населения	825	258,58	101,14	21,0	746,0

Источник / Source: составлено и рассчитано авторами / compiled and calculated by the authors.

Результаты, представленные в табл. 4, не выявили значимых модерационных эффектов DIG и RES на связь INN-Yind в обеих спецификациях. Незначимость устойчива, что свидетельствует об ограничениях линейной комплементарности в российских регионах, вероятно, из-за разнонаправленных эффектов, взаимно компенсирующихся при усреднении.

Коэффициенты DIG и DIG² положительны и значимы в обеих моделях (см. табл. 4), что указывает на U-образную зависимость: отдача от цифровой среды растет после достижения критического уровня инфраструктуры и компетенций. Отчасти этот вывод согласуется с результатами современных исследований о цифровом дивиденде и цифровом разрыве [5]. Инвестиции в основной капитал (INVpc) имеют отрицательный и значимый коэффициент в обеих моделях, что интерпретируется как эффект вытеснения: капиталовложения в ресурсные и инфраструктурные отрасли закрепляют сырьевую специализацию и снижают стимулы к R&D. GRPpc положительно значим (в FE на 10%, в RE на 5%), что подтверждает роль экономиче-

ского развития, но не компенсирует структурных ограничений. STUD значим только в RE, что указывает на долгосрочный, а не краткосрочный эффект образовательной базы.

FE-модель объясняет 9,85% внутригрупповой вариации (общий R² = 87,25%). Обоснованность использования индивидуальных эффектов проверена тестами (табл. 5).

Тест Бреуша — Пагана отвергает отсутствие региональной компоненты (chibar² = 795,85 при p = 0,0000); доля дисперсии, обусловленная индивидуальными эффектами, достигает 0,890, что дополнительно подтверждает необходимость учета ненаблюдаемой территориальной специфики

Тест Хаусмана (chi² = 51,96 при p = 0,0000) указывает на систематические различия между FE и RE, поэтому FE — базовая модель; RE сохранена как сравнительная. Тест Песарана (p = 0,4673) не обнаруживает статистически значимой кросс-секционной зависимости остатков, следовательно, результаты не свидетельствуют о систематическом влиянии неучтенных общих шоков в остаточной компоненте.

Таблица 3 / Table 3

**Матрица парных коэффициентов корреляции и коэффициенты разбухания дисперсии /
Pairwise correlation matrix and variance inflation factors**

Переменная / Variable	Y _{ind}	INN	DIG	RES	GRPpc	INVpc	URBAN	EMP	STUD	VIF
Y _{ind}	1,000									–
INN	0,361	1,000								1,22
DIG	0,393	0,210	1,000							1,76
RES	0,578	0,406	0,378	1,000						1,82
GRPpc	0,299	0,227	0,509	0,470	1,000					4,69
INVpc	0,132	0,189	0,266	0,340	0,747	1,000				3,57
URBAN	0,446	0,237	0,564	0,567	0,647	0,401	1,000			2,72
EMP	0,288	0,236	0,177	0,452	0,488	0,457	0,517	1,000		1,67
STUD	0,498	0,142	0,134	0,264	–0,039	–0,135	0,193	0,142	1,000	1,19

Источник / Source: составлено и рассчитано авторами / compiled and calculated by the authors.

Примечание / Note: Верхний правый угол матрицы оставлен пустым ввиду симметричности матрицы парных коэффициентов корреляции / The upper right corner of the matrix is left blank due to the symmetry of the matrix of pairwise correlation coefficients.

Таблица 4 / Table 4

Результаты регрессионного анализа / Regression results

Переменная / Variable	Модель СЭ / RE model		Модель ФЭ / FE model	
	Коэффициент / Coefficient	Стандартная ошибка / Standard error	Коэффициент / Coefficient	Стандартная ошибка / Standard error
INN	0,0030	0,0028	0,0038	0,0029
INN2	–0,0007**	0,0003	–0,0001***	0,000 03
DIG	0,0014*	0,0004	0,0006**	0,0001
DIG2	0,000 04**	0,000 02	0,000 02*	0,00001
INN*DIG	0,000 08	0,0001	0,0001	0,0001
RES	0,0183*	0,0039	0,0028	0,0063
INN*RES	0,0004	0,0012	–0,0013	0,0013
GRPpc	0,0195**	0,0094	0,023***	0,0137
INVpc	–0,0138*	0,0049	–0,0120*	0,0051
URBAN	0,0456	0,0388	–0,1873	0,2058
EMP	0,0075	0,0696	–0,0255	0,0782
STUD	0,0370*	0,0079	–0,0089	0,0137
Константа	–0,3070*	0,1055	0,1088	0,2721
Внутригрупповой коэффициент детерминации (R ² within)	0,0697 / 0,5806		0,0985 / 0,1054	
Годовые ФЭ	+		+	

Источник / Source: составлено и рассчитано авторами / compiled and calculated by the authors.

Примечание / Note: *p < 0,01, **p < 0,05, ***p < 0,1; СЭ – случайные эффекты, ФЭ – фиксированные эффекты / RE – random effects, FE – fixed effects.

Таблица 5 / Table 5

Диагностические тесты и выбор панельной модели / Diagnostic tests and panel model selection

Тест / Test	Статистика / Statistic	Вывод для спецификации модели / Implication for model specification
F-тест индивидуальных эффектов	$F(74, 580) = 15,38$; $p = 0,0000$	Региональные эффекты совместно значимы; модели фиксированных и случайных эффектов предпочтительнее сквозной МНК
LM-тест Бреуша – Пагана	$\text{chibar}2(01) = 795,85$; $p = 0,0000$	Нулевая гипотеза отвергается; панельная спецификация необходима
Тест Хаусмана	$\text{chi}2(12) = 51,96$; $p = 0,0000$	Модель фиксированных эффектов является базовой, поскольку различия коэффициентов систематичны
Тест Песарана	$CD = 0,727$; $p = 0,4673$	Значимая кросс-секционная зависимость остатков не выявлена
Совместная значимость годовых фиксированных эффектов	$\text{chi}2(8) = 37,85$; $p = 0,0000$	Годовые фиктивные переменные должны сохраняться в модели

Источник / Source: составлено и рассчитано авторами / compiled and calculated by the authors.

ВЫВОДЫ

В работе проанализирована взаимосвязь цифровой среды, исследовательского кадрового потенциала и инновационных результатов на панельных данных по регионам РФ за 2014–2024 гг. Модерационные эффекты H1 и H2 статистически незначимы во всех спецификациях. При этом отсутствие значимости не означает несущественности факторов, очевидно, их действие не сводится к линейному усилению отдачи, а проявляется через нелинейные траектории (DIG) и устойчивые региональные различия (RES), но не через краткосрочную модерацию затрат. Следовательно, комплементарные активы работают не универсально, а при пороговых и структурных условиях. Для региональной политики это означает, что наращивание затрат без учета цифровой зрелости и специализации территории не гарантирует роста инновационного результата, то есть необходим дифференцированный подход.

Гипотезы H3 и H4 подтверждены: положительные коэффициенты DIG и DIG² указывают на U-образное влияние цифровой среды. В свою очередь, отрицательный эффект инвестиций согласуется с идеей ресурсной ловушки и требует пересмотра инвестиционных приоритетов в ресурсно-ориентированных регионах.

В целом следует отметить несколько следствий для теории региональных инновационных систем: (1) комплементарность затрат, DIG и RES не автоматична; (2) необходим переход от линейных моделей к пороговым и типологическим; (3) отрицательный эффект инвестиций указывает на несовместимость количественного расширения капитала с инновационной модернизацией при сохранении традиционной структуры.

С прикладной точки зрения результаты исследования означают, что для регионов с низкой цифровой зрелостью первоочередной задачей является достижение минимально достаточного инфраструктурного уровня, после которого возможно формирование цифрового дивиденда. Для научно-образовательных центров более важной задачей становится развитие каналов трансфера знаний и механизмов коммерциализации разработок. Для ресурсно-ориентированных территорий особое значение имеет переориентация инвестиций на R&D и высокие технологии.

Полученные результаты задают эмпирическую основу для исследований пороговых эффектов цифровизации, пространственных спilloверов и типологии региональных инновационных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Teece D.J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*. 1986;15(6):285-305. DOI: 10.1016/0048-7333(86)90027-2
2. Radicic D., Petkovic S. Impact of digitalization on technological innovations in small and medium-sized enterprises (SMEs). *Technological Forecasting and Social Change*. 2023;191:122474. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.122474

3. Huang J., Balezentis T., Shen S., Streimikiene D. Human capital mismatch and innovation performance in high-technology enterprises: An analysis based on the micro-level perspective. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2023;8(4):100452. DOI: 10.1016/j.jik.2023.100452
4. Li Y., Zhu Z., Gao S. Research on the impact of regional digitalization on innovation performance and its boundary conditions: An empirical study based on Chinese provincial panel data. *SAGE Open*. 2025;15(2):21582440241303223. DOI: 10.1177/21582440241303223
5. Du Z.-Y., Wang Q. Digital Infrastructure and Innovation: Digital Divide or Digital Dividend? *Journal of Innovation & Knowledge*. 2024;9(3):100542. DOI: 10.1016/j.jik.2024.100542
6. Han Y., Li Z., Feng T., Qiu S., Hu J., Yadav K.K., Obaidullah A.J. Unraveling the impact of digital transformation on green innovation through microdata and machine learning. *Journal of Environmental Management*. 2024;354:120271. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120271
7. Zhang X., Wu X., Zhou W., Fu N. Research on the green innovation effect of digital economy network – Empirical evidence from the manufacturing industry in the Yangtze River Delta. *Environmental Technology & Innovation*. 2024;34:103595. DOI: 10.1016/j.eti.2024.103595
8. Hauser C., Siller M., Schatzer T., Walde J., Tappeiner G. Measuring regional innovation: A critical inspection of the ability of single indicators to shape technological change. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018;129(C):43-55. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.10.019
9. Rudskaya I., Kryzhko D., Shvediani A., Missler-Behr M. Regional Open Innovation Systems in a Transition Economy: A Two-Stage DEA Model to Estimate Effectiveness. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2022;8(1):41. DOI: 10.3390/joitmc8010041
10. Zemtsov S., Muradov A., Wade I., Barinova V. Determinants of regional innovation in Russia: Are people or capital more important? *Foresight and STI Governance*. 2016;10(2):29-42. DOI: 10.17323/1995-459X.2016.2.29.42
11. Aldieri L., Kotsemir M., Vinci C.P. Knowledge spillover effects: Empirical evidence from Russian regions. *Quality & Quantity*. 2018;52(5):2111-2132. DOI: 10.1007/s11135-017-0624-2
12. Rodionov D., Velichenkova D. Relation between Russian universities and regional innovation development. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2020;6(4):118. DOI: 10.3390/joitmc6040118
13. Teslenko V., Melnikov R., Bazin D. Evaluation of the impact of human capital on innovation activity in Russian regions. *Regional Studies, Regional Science*. 2021;8(1):109-126. DOI: 10.1080/21681376.2021.1900744
14. Полевая М.В. Особенности профессионализации и социализации молодежи в условиях инновационных преобразований. *Экономика. Налоги. Право*. 2023;16(2):19-27. DOI: 10.26794/1999-849x-2023-16-2-19-27
Polevaya M.V. Features of professionalization and socialization of youth in the conditions of innovative transformations. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2023;16(2):19-27. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849x-2023-16-2-19-27
15. Ильина И.Ю. Формирование конкурентных стратегий преподавателей российских вузов в условиях цифровизации образования. *Экономика. Налоги. Право*. 2024;17(4):92-101. DOI: 10.26794/1999-849x-2024-17-4-92-101
Ilyina I. Yu. Formation of competitive strategies for teachers of Russian universities in the context of digitalization of education. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2024;17(4):92-101. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849x-2024-17-4-92-101
16. Колодня Г.В. Высокотехнологичные компании среднего бизнеса как носители инноваций в отечественной экономике. *Экономика. Налоги. Право*. 2025;18(6):16-23. DOI: 10.26794/1999-849x-2025-18-6-16-23
Kolodnyaya G.V. High-tech medium-sized companies as carriers of innovation in the domestic economy. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2025;18(6):16-23. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849x-2025-18-6-16-23
17. Гончаренко Л.И. Конструктив преференциальных налоговых режимов как детерминанта привлечения инвестиций в инновационное развитие России. *Экономика. Налоги. Право*. 2024;17(3):156-166. DOI: 10.26794/1999-849x-2024-17-3-156-166
Goncharenko L.I. The constructive nature of preferential tax regimes as a determinant of attracting investment in Russia's innovative development. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2024;17(3):156-166. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849x-2024-17-3-156-166

18. Hawach F., Zhang C., Acharjee S., Nicolas-Sans R. Internet capabilities and innovation in the Balkan countries: The role of foreign technology licensing. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*. 2023;89(2): 12242. DOI: 10.1002/isd2.12242
19. Ning J., Jiang X., Luo J. Relationship between enterprise digitalization and green innovation: A mediated moderation model. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2023;8(1):100326. DOI: 10.1016/j.jik.2023.100326
20. Растворцева С.Н. Цифровизация и цифровые платформы в региональном стратегическом развитии промышленности. *Экономика промышленности*. 2025;18(3):433-449. DOI: 10.17073/2072-1633-2025-3-1464
Rastvortseva S.N. Digitalization and digital platforms in the regional strategic industrial development. *Ekonomika promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(3):433-449. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1633-2025-3-1464
21. Капранова Л.Д. Цифровая трансформация общества и уровень жизни населения. *Экономика. Налоги. Право*. 2025;18(3):81-91. DOI: 10.26794/1999-849x-2025-18-3-81-91
Kapranova L.D. Digital transformation of society and the standard of living of the population. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2025;18(3):81-91. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849x-2025-18-3-81-91
22. Харченко К.В. От «умного города» — к «умной территории»: состояние и перспективы цифровизации городской среды и городского хозяйства. *Экономика. Налоги. Право*. 2025;18(3):112-120. DOI: 10.26794/1999-849x-2025-18-3-112-120
Kharchenko K.V. From a smart city to a smart territory: The state and prospects of digitalization of the urban environment and urban economy. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2025;18(3):112-120. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849x-2025-18-3-112-120
23. Стрелкова И.А. «Энергетический тупик» цифровизации: риски для национальной экономики. *Экономика. Налоги. Право*. 2025;(6):52-59. DOI: 10.26794/1999-849x-2025-18-6-52-59
Strelkova I.A. The “energy impass” of digitalization: Risks for the national economy. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2025;18(6):52-59. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849x-2025-18-6-52-59
24. Лосева О.В. Экономика цифровых интеллектуальных активов компании: сущность, виды, оценка стоимости и способы коммерциализации. *Экономика. Налоги. Право*. 2026;19(1):69-78. DOI: 10.26794/1999-849x-2026-19-1-69-78
Loseva O.V. The economics of a company’s digital intellectual assets: Essence, types, valuation and commercialization methods. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2026;19(1):69-78. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849x-2026-19-1-69-78
25. Кравченко С.И. Цифровая трансформация и устойчивое развитие предприятий: исследовательские тренды. *Проблемы экономики и юридической практики*. 2025;21(3):279-287. DOI: 10.33693/2541-8025-2025-21-3-279-287
Kravchenko S.I. Digital Transformation and sustainable enterprise development: Research trends. *Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki = Economic problems and legal practice*. 2025;21(3):279-287. (In Russ.) DOI: 10.33693/2541-8025-2025-21-3-279-287
26. Кравченко С.И. Цифровая трансформация промышленности: стабильные драйверы и контекстуальные факторы роста. *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2025;16(4):350-360. DOI: 10.17747/2618-947X-2025-4-350-360
Kravchenko S.I. Digital transformation of industry: Stable drivers and contextual growth factors. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment = Strategic Decisions and Risk Management*. 2025;16(4):350-360. (In Russ.). DOI: 10.17747/2618-947X-2025-4-350-360
27. Cai S., Wang H., Zhou X. Do City Size and population density influence regional innovation output? Evidence from China. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2021;2021:3582053. DOI: 10.1155/2021/3582053
28. Самусенко С.А., Поподько Г.И., Зимнякова Т.С. Дефекты инновационных систем в ресурсных регионах. *Региональная экономика: теория и практика*. 2019;17(2):234-249. DOI: 10.24891/re.17.2.234
Samusenko S.A., Popod'ko G.I., Zimnyakova T.S. Imperfection of innovative systems in resource-rich regions. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*. 2019;17(2):234-249. DOI: 10.24891/re.17.2.234
29. Wang S., Wang X., Lu B. Is resource abundance a curse for green economic growth? Evidence from developing countries. *Resources Policy*. 2022;75:102533. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102533

30. Кондратьев В.Б., Сергеев П.А., Шульцева В.К. и др. Ресурсная модель модернизации экономики: возможности и ограничения. Москва: ИМЭМО РАН; 2016. 326 с.
Kondrat'ev V.B., Sergeev P.A., Shul'ceva V.K. Resources-based modernization model: Opportunities and constraints. Moscow: IMEMO; 2016. 326 p. (In Russ).
31. Кравченко С.И. Картирование связей эффективности использования ресурсов и инновационности национальных экономик. *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2023;14(3):262-271. DOI: 10.17747/2618-947X-2023-3-262-271
Kravchenko S.I. Mapping the links between resource efficiency and the innovative capacity of national economies. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment = Strategic Decisions and Risk Management*. 2023;14(3):262-271. (In Russ.). DOI: 10.17747/2618-947X-2023-3-262-271
32. Franco A., Malhotra N., Simonovits G. Social science. Publication bias in the social sciences: Unlocking the file drawer. *Science*. 2014 Sep;345(6203):1502-1505. DOI: 10.1126/science.1255484
33. Tian Z., Li Y., Niu X., Liu M. The impact of digital economy on regional technological innovation capability: An analysis based on China's provincial panel data. *PLoS ONE*. 2023;18(7): e0288065. DOI: 10.1371/journal.pone.0288065
34. Zeng Y., Zhang Z., Ye Z., Li L. Regional innovation effect of smart city construction in China. *PLoS ONE*. 2023;18(2): e0281862. DOI: 10.1371/journal.pone.0281862

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS

Сергей Иванович Кравченко — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры стратегического и инновационного развития факультета «Высшая школа управления», Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Sergey I. Kravchenko — Dr. Sci. (Econ.), Prof., Prof. of the Department of Strategic and Innovative Development, Faculty of the Higher School of Management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-8391-0445>

SKravchenko@fa.ru

Александр Владимирович Гурнак — кандидат экономических наук, доцент кафедры налогов и налогового администрирования, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Aleksandr V. Gurnak — Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof. of the Department of Taxes and Tax Administration, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-4514-6885>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:

AVGurnak@fa.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 20.04.2026; принята к публикации 20.07.2026.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was received 20.04.2026; accepted for publication 20.07.2026.

The authors read and approved the final version of the manuscript.