

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА И ТЕОРИИ ПОЛЯ\*

Светлана Владимировна ИСТОМИНА <sup>а,\*</sup>, Татьяна Анатольевна ЛЫЧАГИНА <sup>б</sup>,  
Елена Анатольевна ПАХОМОВА <sup>с</sup>, Александр Вячеславович ПАХОМОВ <sup>д</sup>

<sup>а</sup> кандидат технических наук, главный специалист,  
АО «Атомэнергопроект» (предприятие ГК «Росатом»),  
Москва, Российская Федерация  
istomina\_sv@aep.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: отсутствует

<sup>б</sup> кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник,  
Объединенный институт ядерных исследований,  
Дубна, Московская область, Российская Федерация  
lychagina@jinr.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 5675-8867

<sup>с</sup> доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры экономики,  
Государственный университет «Дубна»,  
Дубна, Московская область, Российская Федерация  
uni-dubna@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 3500-1423

<sup>д</sup> кандидат экономических наук, доцент, заместитель генерального директора по экономике  
и финансам, АО «НПК «Дедал» (предприятие ГК «Росатом»),  
Дубна, Российская Федерация  
pakhomov\_av@dedal.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 5477-8574

\* Ответственный автор

### История статьи:

Рег. № 710/2017  
Получена 21.09.2017  
Получена в  
доработанном виде  
18.10.2017  
Одобрена 23.11.2017  
Доступна онлайн  
29.06.2020

УДК 005.591.6, 334.021  
JEL: M20, O20, O30

### Аннотация

**Предмет.** Феномен инновационного потенциала социально-экономических объектов различных иерархических уровней (макро-, мезо-, микро-) на основе тройственного взаимодействия институтов науки и образования, бизнеса, государства (Университет–Производство–Государство).

**Цели.** Создание авторского инструментария с использованием элементов векторного анализа и теории поля, предназначенного для анализа влияния инноваций на развитие указанных объектов, а также его апробация в части определения инновационного потенциала на примере макрообъекта – России.

**Методология.** В работе использованы элементы векторного анализа и теории поля (градиент, дивергенция, уравнение непрерывности), метод аналогий для адаптации естественно-научных понятий к экономической области (в частности, для разделения характеристик развития указанных объектов на структурные и динамические на основе их содержательного

сопоставления), регрессионный анализ для определения составляющих инновационного потенциала региона.

**Результаты.** Разработана методика определения инновационного потенциала социально-экономических объектов различных иерархических уровней в условиях тройственного взаимодействия «Университет–Производство–Государство». Инновационный потенциал объекта представлен тремя составляющими – наукоемким фактором, фактором доходности и фактором производственных мощностей. Апробация разработанного инструментария была проведена в части исследования динамики инновационного потенциала России в период 2010–2015 гг. Анализ указанного периода показал, что из трех составляющих инновационного потенциала наибольший вклад вносит наукоемкий фактор.

**Выводы.** Проведенная апробация методики подчеркивает не только ее практическую значимость, гибкость предлагаемого аппарата, но и способ работы с реально существующей официальной статистикой, какого бы качества она ни была. Работа с отечественными данными настолько непроста, что хотя бы инструментарий должен быть не громоздким и прозрачным.

**Ключевые слова:**

инновационный потенциал, тройственное взаимодействие, векторный анализ, теория поля, уравнение непрерывности

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

**Для цитирования:** Истомина С.В., Лычагина Т.А., Пахомова Е.А., Пахомов А.В. Методика определения инновационного потенциала социально-экономических объектов различных иерархических уровней с использованием элементов векторного анализа и теории поля // *Дайджест-Финансы*. – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 205 – 229. <https://doi.org/10.24891/df.25.2.205>

## Введение

Настоящая статья является продолжением исследования, промежуточные результаты которого опубликованы ранее<sup>1</sup>. В работе Г. Ицковица [1] всесторонне и подробно разобраны механизмы зарождения инноваций, основанные на тройственном взаимодействии институтов науки и образования, бизнеса, государства (Университет–Производство–Государство), выявлены требования, способствующие развитию инновационного внедрения. Как показывает практика [2–4], использование примеров эмпирической базы [1] в качестве организационных механизмов помогает подъему инновационной деятельности. Однако принятие решения о начале предпринимательства, особенно если дело касается инноваций [5, 6], должно основываться на предварительном анализе условий, в которых планируется развивать бизнес. Кроме изучения состояния объекта<sup>2</sup> и выбора

<sup>\*</sup> Статья подготовлена при поддержке РФФИ в рамках проекта № 16-06-00054 «Инструментально-методический подход к адаптации модели тройной спирали для условий России с учетом исторической ретроспективы».

Статья подготовлена по материалам журнала «Национальные интересы: приоритеты и безопасность». 2018. Т. 14. Вып. 1. URL: <https://doi.org/10.24891/ni.14.1.97>

<sup>1</sup> Истомина С.В., Лычагина Т.А., Пахомова Е.А. Структуризация и схематизация эмпирической базы условий возникновения и развития модели тройной спирали // Сборник научных трудов SWorld. 2016. Т. 8. Вып. 1. С. 89–99; Истомина С.В., Лычагина Т.А., Пахомова Е.А. Перспективы развития модели тройной спирали в России // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2016. № 12. С. 119–132.

<sup>2</sup> Г. Ицковиц под объектом понимает регион. Мы идем дальше – под объектом здесь и далее имеем в виду социально-экономический объект любого иерархического уровня (макро-, мезо-, микро).

определенных Г. Ицковицем векторов движения, следует выполнять оценки результатов на всех стадиях процесса. Эмпирическая база, выявленная в [1], только качественно определяет механизмы взаимодействия и их последствия, но не выражает их численными значениями экономических показателей, при отсутствии которых сложно в полной мере оценить результативность деятельности.

Трансформировать описательные характеристики в количественные экономические показатели возможно при помощи методов математического моделирования<sup>3</sup>. Для этого требуется детализация эмпирической базы с выделением структур и их действий. Последующее наполнение структур характеристиками и сопоставление их действий с математическими операторами позволит создать инструментарий, пригодный для оценивания результатов инновационной деятельности в количественном виде<sup>4</sup>.

### Основные этапы методики определения инновационного потенциала объекта

Первым шагом предлагаемой методики является процесс перехода от описательных примеров к оценке результата, осуществляемый в два этапа. На первом этапе выполняется системный анализ механизмов эмпирической базы [1] для выделения участников действий и обозначения самих действий (с точки зрения системного анализа – выделение элементов системы взаимосвязей между ними). В работе [1] выделены три структуры одного типа, взаимодействие которых порождает деятельность по разработке и внедрению инноваций. Определим их как базовые структуры<sup>5</sup>: Университет, Производство, Государство. В целях наделения базовых структур характеристиками поставим каждой в соответствие пространство, выражающее основную сущность базовой структуры: Университет – пространство Знаний; Государство – пространство Согласия; Производство – пространство Инноваций.

Действие каждой базовой структуры основано на знаниях; расширение функций структуры приводит к перемещению из своего пространства деятельности в другие при условии сохранения первоначальной сущности. Это возможно, если взаимодействие структур происходит в области пересечения пространств – области взаимодействия<sup>6</sup>.

Для процесса продвижения инноваций кроме трех базовых структур в [1] выделены промежуточные подструктуры, которые отпочковались от базовых структур и

<sup>3</sup> Основы теории подобия и моделирования: терминология / отв. ред. проф. В.А. Веников. М.: Наука, 1973. 22 с.; *Лотов А.В.* Введение в экономико-математическое моделирование. М.: Наука, 1984. 392 с.; *Иванов Ю.П., Лотов А.В.* Математические модели в экономике. М.: Наука, 1979. 304 с.

<sup>4</sup> *Лебедев В.В.* Математическое моделирование социально-экономических процессов. М.: Изограф, 1997. 224 с.; *Лебедев В.В., Лебедев К.В.* Математическое моделирование нестационарных экономических процессов. М.: eТест, 2011. 336 с.; *Краснощечков П.С., Петров А.А.* Принципы построения моделей. М.: Изд-во МГУ, 1983. 264 с.; *Мышкис А.Д.* Элементы теории математических моделей. М.: Наука, 1994. 191 с.

<sup>5</sup> *Истомина С.В., Лычагина Т.А., Пахомова Е.А.* Структуризация и схематизация эмпирической базы условий возникновения и развития модели тройной спирали // Сборник научных трудов SWorld. 2016. Т. 8. Вып. 1. С. 89–99.

<sup>6</sup> *Истомина С.В., Лычагина Т.А., Пахомова Е.А.* Перспективы развития модели тройной спирали в России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. Т. 12. Вып. 12. С. 119–132. URL: <https://www.fin-izdat.ru/journal/national/detail.php?ID=70189>

являются двигателями инновационного развития. Весь процесс – взаимодействие базовых структур с отщеплением подструктур, дальнейшим образованием новых базовых структур и выпуском инноваций – был представлен нами в предыдущих работах.

Второй этап представляет переход от качественного определения структур и их действий, выделенных первоначально, в количественное выражение. Для осуществления этого этапа воспользуемся аппаратом векторного анализа<sup>7</sup>. Действительно, если следовать ассоциациям, которые использует Г. Ицковиц, то область взаимодействия можно представить полем, которое характеризуется параметрами состояния региона, выраженными характеристиками базовых структур – скалярными величинами, и результатами их действий (взаимодействиями) – векторными величинами. Универсальность операторов теории поля расширяет возможности описательного процесса взаимодействия структур. Проследим это на примере определения и изменения функции инновационного и экономического состояния объекта.

В области взаимодействия, определенной в системе координат «Знания – Согласие – Инновации», рассмотрим скалярную функцию, выражающую инновационное и экономическое состояние объекта  $F(S_K, S_A, S_I)$ , где в качестве независимых переменных используем скалярные величины: пространство Знаний –  $S_K$  (наименование индекса от англ. *knowledge*), пространство Согласия  $S_A$  (*agreement*), пространство Инноваций  $S_I$  (*innovation*). Проследим за процессом изменения  $F(S_K, S_A, S_I)$  при выпуске инноваций  $\partial S_I$  и дадим графическую интерпретацию в целях наделения ее компонент экономическим содержанием (рис. 1).

Рассмотрим два положения – первоначальное  $F1$  (начало взаимодействия) и  $F2$  (после выпуска инноваций). Переход из  $F1$  в  $F2$ , то есть вектор  $F1F2$ , описывает изменение состояния под воздействием инноваций, основанных на знаниях и осуществленных при поддержке (согласии) государственных структур. С другой стороны, вектор  $F1F2$  характеризует направление и величину изменения скалярного поля, что с точки зрения векторного анализа можно описать понятием градиента функции  $F(S_K, S_A, S_I)$ <sup>8</sup>:

$$\vec{\text{grad}}F = \frac{\partial F}{\partial S_K} \vec{i} + \frac{\partial F}{\partial S_A} \vec{j} + \frac{\partial F}{\partial S_I} \vec{k}, \quad (1)$$

где  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  – единичные векторы по осям «Знания – Согласие – Инновации».

От математического определения градиента скалярной функции (1), использующего отношения абсолютных приращений, перейдем к отношениям относительных приращений (экономические аналоги – темп роста, эластичность), тем самым наполняя абстрактное математическое понятие прикладным содержанием, получая экономически адаптированный аналог, как мы уже делали в [7]. Однако, строго

<sup>7</sup> Письменный Д.Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс. М.: Айрис-пресс, 2009. 608 с.

<sup>8</sup> Там же.

говоря, мы все-таки делаем отступление от четко определенного математического понятия, вследствие чего представляется небезосновательным иметь в виду приставку «псевдо», обозначив ее, например, значком  $\sim$  над обозначением  $\text{grad}$  (2):

$$\widetilde{\text{grad}}F = \frac{\partial F/F}{\partial S_K/S_K} \vec{i} + \frac{\partial F/F}{\partial S_A/S_A} \vec{j} + \frac{\partial F/F}{\partial S_I/S_I} \vec{k}. \quad (2)$$

Отметим роль единичных векторов в формуле (2): фактически, они не дают просуммироваться, то есть как бы «слиться воедино» коэффициентам при них. Другими словами, каждый коэффициент при единичном векторе дает представление о темпе роста функции под действием соответствующего фактора, что лаконично можно отразить возможными формулировками типа: «градиент имеет дифференцированный характер», «показатель градиента является дифференцированным (дифференциальным)».

Следующий шаг – переход от непрерывных приращений к дискретным, что позволит в дальнейшем работать с реальными статистическими данными, имеющими дискретный вид:  $\partial F/F \rightarrow \Delta F/F$ ,  $\partial S_K/S_K \rightarrow \Delta S_K/S_K$ ,  $\partial S_A/S_A \rightarrow \Delta S_A/S_A$ ,  $\partial S_I/S_I \rightarrow \Delta S_I/S_I$ .

Тогда формула (2) примет вид (3):

$$\widetilde{\text{grad}}F = \frac{\Delta F/F}{\Delta S_K/S_K} \vec{i} + \frac{\Delta F/F}{\Delta S_A/S_A} \vec{j} + \frac{\Delta F/F}{\Delta S_I/S_I} \vec{k}. \quad (3)$$

Следующим шагом является наполнение базовых структур пространств характеристиками, отражающими их сущность (табл. 1).

Принимая во внимание содержательный смысл выделенных характеристик базовых структур пространств, разделим их на описательные характеристики (скаляры, структурные характеристики развития) и результаты действий (векторы, динамические характеристики развития) (табл. 2).

Следующий шаг, использующий применение элементов векторного анализа и теории поля, – исследование изменения инновационного и экономического состояния объекта методом аналогий с использованием уравнения непрерывности, являющегося одним из законов сохранения в гидродинамических процессах. Подобно тому, как в гидрогазодинамике скорость накопления массы равна разности между скоростью прихода массы и скоростью ухода массы<sup>9</sup>, инновационное и экономическое изменение объекта можно определить разностью вливания финансирования и выходом инновационных продуктов (результат действия финансов и трудовых ресурсов приводит к изменению инновационного и экономического состояния объекта). С точки зрения законов сохранения динамику движения потока жидкости можно сравнить с динамикой развития объекта (рис. 2).

Течение жидкости характеризуется скалярными величинами (плотностью, давлением, температурой) и векторной величиной (скоростью движения). В нашем случае аналогами скалярных величин будут структурные характеристики объекта (количество предприятий, университетов, научных сотрудников, затрат на

<sup>9</sup> Дейч М.Е. Техническая газодинамика. М., Л.: Госэнергоиздат, 1961. 670 с.

разработке), а векторных – динамические характеристики (количество разработок, затраты на финансирование, выпущенные инновации). Представим уравнение непрерывности<sup>10</sup>, имеющее вид

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \cdot \operatorname{div} \vec{v} = 0, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность среды кг/м<sup>3</sup>;  $t$  – время, с;

$V$  – скорость движения среды, м/с с учетом скалярно-векторного представления табл. 2.

Предварительно заметим, что выражение (4) содержит оператор дивергенции, расчетная формула которого имеет вид:

$$\operatorname{div} \vec{v} = \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}, \quad (5)$$

где  $x, y, z$  – координаты;  $v_x, v_y, v_z$  – компоненты вектора скорости  $\vec{v}$ , а определение дается интегральным выражением<sup>11</sup>:

$$\operatorname{div} v = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta V} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\oiint_S \vec{v} \vec{n} dS}{\Delta V}, \quad (6)$$

где  $V$  – объем;  $P$  – поток векторов через объем  $V$ ;  $S$  – замкнутая поверхность, ограничивающая объем  $V$ ;  $\vec{v}$  – вектор скорости;  $\vec{n}$  – вектор нормали к поверхности  $S$ .

Теперь можно провести ассоциативный переход от физических величин уравнения непрерывности к экономическим аналогам. Сопоставим скалярам структурные характеристики, а векторам – динамические в дискретном представлении:  $\Delta x \rightarrow \Delta S_{K1}$ ,  $\Delta y \rightarrow \Delta S_{A1}$ ,  $\Delta z \rightarrow \Delta S_{I1}$ ,  $v_x \rightarrow \Delta S_{K2}$ ,  $v_y \rightarrow \Delta S_{A2}$ ,  $v_z \rightarrow \Delta S_{I2}$ ,  $\rho \rightarrow F$ , где  $\Delta S_{K1}$ ,  $\Delta S_{A1}$ ,  $\Delta S_{I1}$  – изменения скалярных величин (структурных характеристик) за определенный промежуток времени;  $\Delta S_{K2}$ ,  $\Delta S_{A2}$ ,  $\Delta S_{I2}$  – изменения векторных величин (динамических характеристик) за определенный промежуток времени;  $F$  – скалярная функция, выражающая инновационное и экономическое состояние объекта.

Тогда уравнение (4) с учетом (5) для экономического аналога примет вид в непрерывном представлении:

$$\frac{dF}{Fdt} = \sum_i \frac{\partial S_{i2}/S_{i2}}{\partial S_{i1}/S_{i1}}; \quad (7.1)$$

в дискретном представлении (7.2):

<sup>10</sup> Там же.

<sup>11</sup> Чувев Л.С. О понимании, вычислении и измерении дивергенции векторных полей физических величин // ЗиПМ. 2013. № 2. С. 49–54.

$$\frac{\Delta F}{F \Delta t} = \frac{\Delta S_{K2}/S_{K2}}{\Delta S_{K1}/S_{K1}} + \frac{\Delta S_{A2}/S_{A2}}{\Delta S_{A1}/S_{A1}} + \frac{\Delta S_{I2}/S_{I2}}{\Delta S_{I1}/S_{I1}}.$$

Заметим, что в (7.1) и (7.2) по аналогии с (2) и (3) мы дополнительно перешли от абсолютных изменений к относительным (темпам роста, эластичностям). В дополнение к уже сделанному обоснованию такого перехода подчеркнем, что в противном случае компоненты правых частей в (7.1) и (7.2) могут иметь разные размерности (поскольку размерности скалярных и динамических характеристик, содержащихся в числителе и знаменателе соответственно, не обязаны совпадать), а потому было бы некорректно формировать из них аддитивный показатель.

Правая часть выражений (7.1) и (7.2) представляет собой аналог дивергенции, которую в целях гармоничности изложения по аналогии с градиентом, можно представить возможными формулировками типа: «дивергенция имеет интегральный характер», «показатель дивергенции является интегральным».

Обозначая правую часть через  $\sigma$  и решая дифференциальное уравнение, из (7.1) для  $F$  с точностью до константы имеем:

$$F = \text{const} \cdot e^{\sigma t}. \quad (8.1)$$

Заметим, что в (7)–(8.1) перед правой частью мы умышленно пренебрегли знаком «минус», чтобы не допустить необоснованного усложнения инструментария, поскольку с экономической точки зрения имеет смысл не абсолютное значение функции  $F$ , а ее изменение. С учетом сказанного для целей практического применения предпочтение следует отдать выражению (7.2).

Дадим возможную экономическую интерпретацию компонентам выражения (6). Так,  $\Delta V$  можно трактовать как научно-производственное содержание объекта, представленное скалярами (структурными характеристиками):

$$\Delta V = \Delta x \cdot \Delta x \cdot \Delta x \approx \Delta S_{K1} \cdot \Delta S_{A1} \cdot \Delta S_{I1}. \quad (8.2)$$

При условии  $\Delta V \rightarrow 0$  объем стягивается в точку, расположенную внутри объема  $V$ . При этом же условии произведение структурных характеристик  $\Delta S_{K1} \cdot \Delta S_{A1} \cdot \Delta S_{I1}$  стремится к такому «образу» точки, в котором содержится экономическая информация как минимум об одной единице носителей науки, едином платеже на развитие разработок и единице предприятия, выпускающего инновационный продукт, то есть геометрический образ точки, рассматриваемый в векторном анализе в виде начала или конца вектора, можно интерпретировать как потенциальный источник инноваций.

Ограничивающая поверхность  $S$  при  $\Delta V \rightarrow 0$  стягивается в поверхность, ограничивающую малый объем (научно-производственное наполнение объекта). Эта граница необходима как барьер, позволяющий определять, выходит что-либо из этого объема за пределы  $S$  или только входит (например, в приложении к объекту мезоуровня – региону – это может свидетельствовать о том, является ли регион донором или акцептором). Поток векторов  $P$  через ограничивающую

поверхность  $S$  в экономической интерпретации соответствует выходу инноваций в рассматриваемом регионе. Представляется, что экономическая интерпретация уравнения непрерывности соответствует определению баланса «потоков векторов  $P$ » в регион, представляющих поступления в виде финансового и трудового обеспечения, и из региона, определяющих результат действия поступлений, а оператор дивергенции можно трактовать как интегральный показатель темпа роста объекта малого объема, причем положительное значение темпа роста соответствует развитию, отрицательное – упадку.

Иными словами, понятие оператора дивергенции (интегрального темпа роста), определяющего в векторном анализе возникновение источника или стока, с экономической точки зрения может интерпретироваться как показатель активности экономической деятельности, позволяющий определить, насколько результат деятельности эффективен. Если этот показатель больше нуля, то деятельность эффективна, если меньше – то неэффективна.

Следующий шаг наших рассуждений – определим интегральный показатель темпа роста, то есть правую часть выражения (7.2) как инновационный потенциал объекта  $C$  (9):

$$C = \frac{\Delta S_{K2}/S_{K2}}{\Delta S_{K1}/S_{K1}} + \frac{\Delta S_{A2}/S_{A2}}{\Delta S_{A1}/S_{A1}} + \frac{\Delta S_{I2}/S_{I2}}{\Delta S_{I1}/S_{I1}}. \quad (9)$$

состоящий из трех компонент со следующей содержательной интерпретацией: наукоемкий фактор, определяющий скорость появления инновационных разработок в зависимости от существующего научного содержания объекта; фактор доходности, показывающий насколько прибыльными оказались затраты на разработку и внедрение инноваций; фактор производственных возможностей, показывающий интенсивность развития инновационного производства.

Выражения (3) и (9) позволяют дифференциально и интегрально определить инновационные и экономические результаты последствий тройственного взаимодействия, демонстрируя гибкость предмета векторного анализа в качестве инструмента для моделирования различных экономических состояний.

Для практического использования формулы (9) проведем следующие преобразования<sup>12</sup>, описание которых продемонстрируем на примере одной из ее компонент:

$$\frac{\Delta S_{K2}/S_{K2}}{\Delta S_{K1}/S_{K1}} = \frac{\Delta S_{K2}}{\Delta S_{K1}} \cdot \frac{S_{K1}}{S_{K2}} \approx b_K \frac{S_{K1}^-}{S_{K2}^-}, \quad (9.1)$$

где  $b_K$  – коэффициент линейной регрессии  $S_{K2} = b_K S_{K1} + a_K$ . Относительно функционального распределения переменных на зависимые и независимые отметим, что логично считать динамические

<sup>12</sup> Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ, 1998. 1022 с.



характеристики результатом влияния скалярных. Аналогично преобразуя остальные компоненты (9), получим:

$$C = b_K \frac{S_{K1}^-}{S_{K2}^-} + b_A \frac{S_{A1}^-}{S_{A2}^-} + b_I \frac{S_{I1}^-}{S_{I2}^-}. \quad (10)$$

### Апробация методики

Апробацию разработанной методики проведем в части расчетов по формуле (10), для чего необходимо заполнить каждое пространство показателями, с одной стороны, соответствующими пространствам содержательно на основе свойств и характеристик базовых структур, с другой – доступными через официальные статистические источники. В связи с этим были выбраны и изучены данные<sup>13</sup> для макрообъекта – России по направлениям «Наука» и «Инновации» [8]. В пространство Знаний вошла информация по научным кадрам, а также результат их деятельности – разработанные инновации и патенты на изобретения. Пространство Согласия содержит финансовые затраты на разработку и внедрение инноваций и результат этих вложений – доход от продажи выпущенных инновационных продуктов. Пространство Инноваций представлено количеством предприятий, выпускающих инновации, и результатом их деятельности – количеством выпущенных инновационных продуктов (табл. 3).

Временные ряды по выбранным показателям имеют различную протяженность в период 2000–2015 гг., а по некоторым показателям являются разрывными. Общим периодом для всех выбранных показателей оказался 2010–2015 гг., который и был выбран для дальнейшей работы. Обозначения показателей пространства Знаний начинается с идентификатора *K*, Согласия – с *A*, Инноваций – с *I*; первая цифра после идентификатора означает вид характеристики («1» – скаляр, «2» – вектор), вторая цифра – порядковый номер показателя (табл. 4–6). Из-за отсутствия данных по результатам инновационной деятельности, оцениваемой количеством выпущенных инноваций, инновационный вектор рассматривается аутентичным вектору согласия:  $A21 = I21$  и  $A21 = I21$  (см. табл. 3) и определяется объемом отгруженных инновационных товаров, работ и услуг в стоимостном измерении. Кроме того, показатель, характеризующий инновации, используемые для выпуска, по своему смыслу имеет двоякую скалярно-векторную сущность:  $I14 = I23$ .

Опишем особенности имеющих в наличии статистических данных по науке и инновациям и работы с ними.

В процессе заполнения пространств характеристики были содержательно разделены на две категории – иницирующие действие скалярные величины (независимые) и результативные векторные величины (зависимые). По сути, каждому пространству можно поставить в соответствие от 6 до 20 показателей из данных Росстата. Поэтому в качестве характеристик для каждого пространства на рассматриваемом временном интервале выберем пару показателей, имеющих максимальный коэффициент детерминации  $R$ ) в регрессиях между векторными и скалярными

<sup>13</sup> Наука и инновации. Научный потенциал и инновационная активность в России: стат. сборник. Вып. 8. М.: Росстат, 2016. 240 с.; Информационно-статистический материал «Статистика науки и образования». Вып. 7. Инновационная деятельность в Российской Федерации. М., 2015. 58 с.

характеристиками, а также значения статистики Дарбина–Уотсона  $DW$  наиболее близкие к двум, то есть вблизи области принятия гипотезы об отсутствии автокорреляции. Будем считать, что такой подход позволит наилучшим образом охарактеризовать свойства и динамику структуры (табл. 7–12). Выбранные парные зависимости для трех пространств сведены в табл. 13. Использование парных зависимостей объясняется наличием малых выборок ( $N = 5$ ), что, в свою очередь, связано с коротким периодом наблюдений. Для увеличения анализируемого материала расчеты выполнялись на двух периодах: 2010–2014 гг. (период 1), 2011–2015 гг. (период 2).

При обработке статистических данных выявились следующие проблемы. Во-первых, мы считаем, что статистические данные по инновациям представлены только частично. Ранее упоминалось о вынужденном использовании одного показателя для двух пространств по причине отсутствия данных по количеству выпущенных инновационных продуктов. Также отсутствуют такие данные по малым предприятиям, как виды деятельности, количество сотрудников и их миграция, информация об открытии, закрытии. Особо подчеркнем, что, по мнению Г. Ицковица, именно малые предприятия способствуют продвижению инноваций. Но в нашей стране данные по ним предоставляются один раз в два года, начиная лишь с 2010 г.

Во-вторых, даже при определении и детализации понятий инноваций и инновационной деятельности<sup>14</sup>, проявляется неопределенность некоторых положений (представлений), что усложняет процесс наполнения пространств характеристиками. Например, инновационная деятельность включает все научные, технологические, организационные, финансовые и коммерческие шаги, которые ведут к реализации инноваций (п. 40)<sup>15</sup>, но перед этим тот же источник подчеркивает отличие инновационной деятельности от исследований и разработок (п. 2)<sup>16</sup>. Поэтому достаточно сложно разобраться в тонкостях различий показателей статистических данных.

Кроме того, оказалось, что в разных источниках статистических данных значения одного и того же показателя отличаются друг от друга. Например, динамика показателя «Объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг, млн руб.» из различных источников (показатель с идентификаторами A21 (I21) и A22 (I22) в табл. 7–12) схожа при отличающихся абсолютных значениях, при этом причины расхождения неизвестны (рис. 3) [9], в связи с чем представляется целесообразным проведение расчетов по данным из обоих источников и сравнение их результатов.

При этом в [10] высказывается предположение о завышении Росстатом экономической оценки страны, основанное на том, что Минэкономразвития России «руководит статистикой в нужном направлении».

<sup>14</sup>Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. 3-е изд. Совместная публикация ОЭСР и Евростата. М., 2010. 107 с.

<sup>15</sup>Там же.

<sup>16</sup>Там же.

Расчеты выполнялись по формуле (10). По причине появления отрицательного коэффициента  $b_i$  в некоторых уравнениях регрессии (табл. 13) и вызванной этим неоднозначностью интерпретации экономической ситуации мы были вынуждены провести два вида анализа – с учетом уравнений с отрицательными коэффициентами и без их учета (табл. 14, 15).

Выполненные расчеты показали, что в случае учета всех регрессионных зависимостей (см. табл. 14) показатель инновационного потенциала объекта  $C$  возрастает, что можно объяснить экономическим ростом в периоде 2. В то же время при рассмотрении вариантов только с положительным  $b_i$  (табл. 15) наблюдается прямо противоположная картина.

Чтобы определиться с тем, какой из двух полученных результатов отражает реальную экономическую ситуацию, представляется целесообразным выполнить исследование на предмет необходимости учета показателей, дающих регрессионные зависимости с  $b_i < 0$ . Отметим, что в подобных случаях достаточно заметная регрессионная связь наблюдается для периода 1 в пространстве Знаний и для периода 2 в пространстве Инноваций (см. табл. 13)

Уточним анализ результатов, рассматривая отдельные факторы инновационного потенциала объекта  $C$ . Различия в результатах по периоду 1 (см. табл. 14, 15) обусловлены наукоемким фактором, который определен двумя видами регрессий (см. табл. 13): количество разработанных инноваций  $K22$  в зависимости от исследователей с учеными степенями  $K14$  и от персонала, занятого наукой  $K11$ . Вторая регрессия получилась с отрицательным коэффициентом, что объясняется малой долей людей, осуществляющих инновационные разработки в общем числе персонала, занятого наукой. По статистике группа исследователей с учеными степенями  $K14$  составляет только 14,8%, техников  $K13$  – 8,3%, научных работников, разрабатывающих инновации,  $K12$  – 50,8 % (в их состав также входят упомянутые 14, 8 и 8,3%). Кто же тогда остальные 49,2% персонала, занятого наукой ( $K11$ ), если они не исследователи, хотя и присутствуют в статистических данных по науке и деньги за науку из федерального бюджета получают? Не означает ли это, что наука «обросла» менеджерами и управленцами, которые «добывают» средства на разработку инноваций и распространяют рекламу новых продуктов изготовителям, но сами инновации не разрабатывают? Не слишком ли дорого обходятся стране инновации?

Различия во второй период (см. табл. 14, 15) вносит фактор производственных возможностей, показывающий интенсивность развития инновационного производства. Статистические данные по этим показателям за рассматриваемые периоды таковы, что такие показатели, как число организаций, осуществляющих затраты на инновации  $I11$  и количество новых технологий, приобретенных организациями  $I13$ , в начале периода возрастают, а затем наблюдается спад, который можно объяснить отсутствием денег или нежеланием вкладывать средства в приобретение новых технологий, а как следствие этого спада – появление отрицательного коэффициента в регрессии. В качестве еще одного объяснения можно рассмотреть тенденцию понижения количества разрабатываемых инноваций

$K22$  и, как следствие, отсутствие новшеств, которые бы приобретались организациями для внедрения. Именно поэтому происходит спад приобретаемых технологий  $I13$ .

Если без учета отрицательного значения коэффициента регрессии фактор интенсивности развития инновационного производства содержит зависимость объема отгруженных инновационных товаров, работ и услуг в млн руб. ( $I21$ ,  $I22$ ) от числа организаций с исследовательскими центрами  $I12$ , и согласно статистическим данным наблюдается тенденция роста, то с учетом регрессий при  $b_i < 0$  добавляются зависимости объема отгруженных инновационных товаров, работ и услуг от количества новых технологий, приобретенных организациями  $I13$ . Отрицательный коэффициент может быть связан с тем, что произошел резкий спад приобретения из-за недостатка денежных средств или по причине разработки собственных технологий. Однако количество собственных разработанных технологий уменьшается, как следует из тенденции снижения показателя количества разрабатываемых инноваций  $K22$ .

Размышления об отрицательных коэффициентах регрессии наводят на мысль, что они могут являться индикатором искаженности статистических данных, когда под инновациями понимается то, что инновациями не является, либо по причине вложений в устаревшие технологии или в производственные мощности по выпуску невостребованной рынком продукции<sup>17</sup> либо из-за отсутствия четкой формулировки определения инноваций<sup>18</sup>.

Исходя из предположения возможной искаженности данных, по которым получены зависимости с  $b_i < 0$ , можно попытаться провести расчеты еще раз без их учета. В этом случае результаты (см. табл. 15) демонстрируют инновационный спад анализируемого периода. Это можно объяснить спадом показателя разработанных инноваций  $K22$ : по данным Росстата количество людей в науке растет, также возрастают средства на науку, но при этом количество разработанных инноваций падает.

Проведенная апробация методики подчеркивает не только ее практическую значимость, гибкость предлагаемого аппарата, но и способ работы с реально существующей официальной статистикой, какого бы качества она ни была (можно усилить этот аргумент: работа с данными позволяет выявлять особенности национальной экономики). Отдача же предпочтений какому-либо варианту расчета является прерогативой структур, которые могли бы не только использовать данную методику, но и имели бы, в силу своих функциональных полномочий, и соответствующую осведомленность о качестве статистического материала.

Отметим, что зависимые и независимые переменные, используемые в моделях, имеют временное распределение. По сути, это означает необходимость применения аппарата временных рядов, например, в случае описания взаимосвязей зависимых

<sup>17</sup> Примером подобного искажения могут являться некоторые «инновации» корпорации «Роснано». См., например: «Завод «Роснано» по производству аккумуляторов признали банкротом»; «РОСНАНО – инновации или иллюзии?» URL: <http://geo-politica.info/rosnano--innovatsii-ili-illyuzii.html>

<sup>18</sup> Приказ Росстата от 24.09.2014 № 580.

и независимых переменных – авторегрессионных моделей распределенных лагов. Однако это сильно усложнило бы инструментальную часть нашего исследования на данном этапе, целью которого было суметь перейти от чисто качественного изложения к количественному, не потеряв содержательности исходной модели.

Работа с отечественными данными настолько непроста, что хотя бы инструментарий должен быть негромоздким и прозрачным. Предлагаемая методика, на наш взгляд, отвечает этому требованию, а ее усовершенствование – предмет наших дальнейших исследований.

**Таблица 1**  
**Наполнение базовых структур характеристиками**

**Table 1**  
**Filling basic structures with characteristics**

<b>Пространство Знаний</b> <b>Сущность Университета</b>	<b>Пространство Согласия</b> <b>Сущность Государства</b>	<b>Пространство Инноваций</b> <b>Сущность Производства</b>
1. Университеты и научные работники $SK1$ 2. Количество патентов или разработанных инноваций $SK2$	1. Денежные средства на разработку и внедрение инноваций $SA1$ 2. Денежные средства, вырученные от реализации новых продуктов $SA2$	1. Количество предприятий, выпускающих инновации $SI1$ 2. Количество внедренных инноваций $SI2$

*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Таблица 2**  
**Разделение характеристик базовых структур на скаляры и векторы**

**Table 2**  
**Segregation of basic structures' characteristics into scalars and vectors**

<b>Пространства</b>	<b>Структурные характеристики (скаляры)</b>	<b>Динамические характеристики (векторы)</b>
Пространство Знаний	Университеты и научные работники $S_{K1}$	Количество разработанных инноваций $S_{K2}$ – <b>результат действия</b> научных работников $S_{K1}$
Пространство Согласия	Денежные средства на разработку и внедрение инновационных продуктов $S_{A1}$	Денежные средства от дохода при реализации инноваций $S_{A2}$ – <b>результат действия</b> затраченных средств на разработку и внедрение $S_{A1}$
Пространство Инноваций	Предприятия, выпускающие инновации $S_{I1}$	Количество внедренных инноваций $S_{I2}$ – <b>результат действия</b> предприятий, выпускающих инновации $S_{I1}$

*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Таблица 3****Наполнение характеристик пространств показателями из данных Росстата по науке и инновациям****Table 3****Filling space characteristics with Rosstat data on science and innovation**

<b>Характеристики пространства Знаний</b>		
<b>Показатели</b>	<b>Скаляры</b>	<b>Векторы</b>
	Университеты и научные работники $S_{K1}$ , шт./чел.	Количество разработанных инноваций $S_{K2}$ , шт.
	$K11$ – персонал, занятый наукой	$K21$ – патентов выдается в год в РФ
	$K12$ – исследователи	$K22$ – разработанные за год инновации
	$K13$ – техники	$K23$ – патенты, выданные российским заявителям за год
	$K14$ – исследователи с ученой степенью	$K24$ – действующих патентов всего
	–	$K25$ – всего действующих патентов на изобретения
<b>Характеристики пространства Согласия</b>		
<b>Показатели</b>	<b>Скаляры</b>	<b>Векторы</b>
	Денежные средства на разработку и внедрение инновационных продуктов $S_{A1}$ , млн руб.	Денежные средства от дохода при реализации инноваций $S_{A2}$ , млн руб.
	$A11$ – финансирование науки из федерального бюджета	$A21$ ( $I21$ ) – объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг
	$A12$ – внутренние затраты на науку	$A22$ ( $I22$ ) – объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг
	$A13$ – затраты организаций на внедрение инноваций	–
<b>Характеристики пространства Инноваций</b>		
<b>Показатели</b>	<b>Скаляры</b>	<b>Векторы</b>
	Предприятия, выпускающие инновации $S_{I1}$ , шт.	Количество внедренных инноваций $S_{I2}$ , шт./млн руб.
	$I11$ – организации, осуществляющие затраты на инновации	$I21$ ( $A21$ ) – объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг
	$I12$ – организации с лабораториями и исследовательскими центрами	$I22$ ( $A22$ ) – объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг
	$I13$ – новые технологии, приобретенные организациями	$I23$ – число используемых передовых производственных технологий
	$I14$ – число используемых передовых производственных технологий	–

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 4**  
**Заполнение пространства Знаний. Исходные данные**

**Table 4**  
**Filling the Knowledge space. Input data**

Год	Параметры пространства Знаний				Патенты (выдано всего в год в РФ) K21, шт.	Инноваци и, разраб. за год K22, шт.	Патенты выданы российск им заявителя м (в год) K23, шт.	Всего действ. патенто в K24, шт.	Всего действ. патентов на изобр. K25, шт.
	Персон ал, заняты й научой K11, чел.	Иssl. K12, чел.	Техник и K13, чел.	Иssl. с ученной степенью K14, чел.					
	Процесс действия – независимые переменные				Результат действия – зависимые переменные				
2010	736 540	368 915	59 276	105 114	30 322	864	21 627	259 698	181 904
2011	735 273	374 746	61 562	109 493	29 999	1 138	20 339	236 729	168 558
2012	726 318	372 620	58 905	109 330	32 880	1 323	22 481	254 891	181 515
2013	727 029	369 015	61 401	108 248	31 638	1 429	21 378	272 641	194 248
2014	732 274	373 905	63 168	109 598	33 950	1 409	23 065	292 048	208 320
2015	738 857	379 411	62 805	111 533	34 706	1 398	22 560	305 119	218 974

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 5**  
**Заполнение пространства Согласия. Исходные данные**

**Table 5**  
**Filling the Concord space. Input data**

Год	Параметры пространства Согласия			Объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг A21 (I21), млн руб.	Объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг A22 (I22), млн руб.
	Финансирование науки из федерального бюджета A11, млн руб.	Внутренние затраты на науку A12, млн руб.	Затраты организаций на внедрение инноваций A13, млн руб.		
	Процесс действия – независимые переменные			Результат действия – зависимые переменные	
2010	237 644	523 377	400 804	1 243 712,5	1 045 830
2011	313 899,3	610 427	733 816	2 106 740,7	1 938 348
2012	355 920,1	699 869	904 561	2 872 905,1	2 571 346
2013	425 301,7	749 797	1 112 429	3 507 866	3 229 235
2014	437 273,3	847 527	1 211 897	3 579 923,8	3 231 837
2015	439 392,8	914 699	1 200 363,8	3 843 428,7	3 494 019

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 6**  
**Заполнение пространства Инноваций. Исходные данные**

**Table 6**  
**Filling the Innovation space. Input data**

Год	Параметры пространства Инноваций			Число используемых передовых производственных технологий I14 (I23), шт.	Объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг I21 (A21), млн руб.	Объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг I22 (A22), млн руб.
	Число организаций, осуществляющих затраты на инновации I11, шт.	Число организаций с лабораториями и исследовательскими центрами I12, шт.	Количество новых технологий, приобретенных организацией I13, шт.			
Процесс действия – независимые переменные				Результат действия – зависимые переменные		
2010	3 168	1 119	2 1267	203 330	1 243 712,5	1 045 830
2011	3 725	1 591	40 646	191 650	2 106 740,7	1 938 348
2012	3 869	1 737	31 639	191 372	2 872 905,1	2 571 346
2013	3 906	1 799	33 280	193 830	3 507 866	3 229 235
2014	3 869	1 842	28 705	204 546	3 579 923,8	3 231 837
2015	3 826	1 746	24 361	218 018	3 843 428,7	3 494 019

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 7**  
**Расчетные данные по пространству Знаний в период 1**

**Table 7**  
**Estimates of the Knowledge space during Period 1**

Зависимость	Уравнение	R <sup>2</sup>	DW
K21(K11)	$Y = -0,2X + 178\,387,6$	0,31	0,23
K21(K12)	$Y = 0,16X - 28\,393$	0,07	0,24
K21(K13)	$Y = 0,31X + 12\,973,3$	0,1	0,24
K21(K14)	$Y = 0,45X - 17\,350,9$	0,26	0,26
K22(K11)	$Y = -0,04X + 30\,001,17$	0,6	1,49
K22(K12)	$Y = 0,02X - 7\,276,88$	0,07	0,61
K22(K13)	$Y = 0,07X - 2\,944,94$	0,26	1,05
K22(K14)	$Y = 0,09X - 9\,169,4$	0,59	1,41
K23(K11)	$Y = -0,085X + 80\,990$	0,13	2,48
K23(K12)	$Y = 0,02X + 14\,355,37$	0,003	2,35
K23(K13)	$Y = 0,05X + 18\,801$	0,007	2,57
K23(K14)	$Y = 0,08X + 12\,842,2$	0,02	2,52
K24(K11)	$Y = -1,08X + 1\,055\,775$	0,06	1,02
K24(K12)	$Y = -1,35X + 764\,682,2$	0,03	0,79
K24(K13)	$Y = 6X - 103\,132$	0,26	2,08
K24(K14)	$Y = 0,56X + 202\,816,5$	0,003	0,98
K25(K11)	$Y = -0,952X + 882\,056,6$	0,09	0,94
K25(K12)	$Y = -0,65X + 428\,726,6$	0,014	0,71
K25(K13)	$Y = 4,74X - 101\,559$	0,31	2,04
K25(K14)	$Y = 1,11X + 66\,426,43$	0,02	0,97

Источник: авторская разработка

Source: Authoring



**Таблица 8**  
**Расчетные данные по пространству Согласия в период 1**

**Table 8**  
**Estimates of the Concord space during Period 1**

Зависимость	Уравнение	R <sup>2</sup>	DW
A21(A11)	$Y = 11,9X - 1\ 565\ 296$	0,987	2,39
A21(A12)	$Y = 7,64X - 2\ 582\ 365$	0,93	2,08
A21(A13)	$Y = 3,05X + 621,8$	0,985	2,38
A22(A11)	$Y = 11,21X - 1\ 568\ 236$	0,989	1,64
A22(A12)	$Y = 7,11X - 2\ 478\ 813$	0,915	2,22
A22(A13)	$Y = 2,86X - 95\ 085,2$	0,985	2,14

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 9**  
**Расчетные данные по пространству Инноваций в период 1**

**Table 9**  
**Estimates of the Innovation space during Period 1**

Зависимость	Уравнение	R <sup>2</sup>	DW
I21(I11)	$Y = 2887,34X - 8\ 042\ 305$	0,81	1,35
I21(I12)	$Y = 3190,44X - 2\ 498\ 630$	0,9	1,78
I21(I13)	$Y = 42,32X + 1\ 345\ 717$	0,09	0,47
I21(I14)	$Y = -17,6X + 6\ 132\ 658$	0,013	0,39
I22(I11)	$Y = 2739,7X - 7\ 753\ 773$	0,83	1,34
I22(I12)	$Y = 3013X - 2\ 470\ 626$	0,91	1,81
I22(I13)	$Y = 44,39X + 1\ 022\ 335$	0,113	0,47
I22(I14)	$Y = -20,42X + 6\ 424\ 948$	0,02	0,17
I23(I11)	$Y = -10X + 234\ 008,4$	0,23	1,19
I23(I12)	$Y = -7,4X + 208\ 920,5$	0,113	1,333
I23(I13)	$Y = -0,71X + 219\ 083,2$	0,6	1,76

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 10**  
**Расчетные данные по пространству Знаний в период 2**

**Table 10**  
**Estimates of the Knowledge space during Period 2**

Зависимость	Уравнение	R <sup>2</sup>	DW
K21(K11)	$Y = 0,08X - 27\ 925,3$	0,05	0,2
K21(K12)	$Y = 0,24X - 58\ 216,2$	0,24	0,2
K21(K13)	$Y = 0,37X + 9\ 590$	0,19	0,24
K21(K14)	$Y = 0,98X - 75\ 527,6$	0,39	0,21
K22(K11)	$Y = -0,005X + 5\ 104,7$	0,05	0,59
K22(K12)	$Y = -0,005X + 3\ 082,8$	0,02	0,69
K22(K13)	$Y = 0,02X + 165,4$	0,07	1,16
K22(K14)	$Y = 0,003X + 990$	0,001	0,83
K23(K11)	$Y = -0,008X + 28\ 051,67$	0,002	1,8
K23(K12)	$Y = 0,072X - 5\ 238$	0,06	1,89
K23(K13)	$Y = 0,11X + 15\ 210,6$	0,03	2,19
K23(K14)	$Y = 0,35X - 16\ 450$	0,14	1,99
K24(K11)	$Y = 1,84X - 1\ 074\ 715$	0,13	0,59
K24(K12)	$Y = 3,03X - 861\ 095$	0,17	0,58
K24(K13)	$Y = 10,6X - 379\ 723$	0,41	1,41

K24(K14)	$Y = 12,67X - 1\ 116\ 505$	0,3	0,72
K25(K11)	$Y = 1,41X - 836\ 660$	0,14	0,6
K25(K12)	$Y = 2,31X - 670\ 690$	0,186	0,58
K25(K13)	$Y = 7,77X - 284\ 415$	0,32	1,42
K25(K14)	$Y = 9,56X - 854\ 127$	0,02	0,72

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

### Таблица 11

#### Расчетные данные по пространству Согласия в период 2

**Table 11**  
Estimates of the Concord space during Period 2

Зависимость	Уравнение	$R^2$	DW
A21(A11)	$Y = 12,15X - 1\ 611\ 883$	0,966	2,61
A21(A12)	$Y = 5,44X - 976\ 192$	0,87	1,72
A21(A13)	$Y = 3,3X - 228\ 323$	0,96	2,71
A22(A11)	$Y = 11,05X - 1\ 464\ 211$	0,972	2,59
A22(A12)	$Y = 4,88X - 841\ 891$	0,86	1,92
A22(A13)	$Y = 2,98X - 192\ 000$	0,958	2,91

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

### Таблица 12

#### Расчетные данные по пространству Инноваций в период 2

**Table 12**  
Estimates of the Innovation space during Period 2

Зависимость	Уравнение	$R^2$	DW
I21(I11)	$Y = 7\ 118,27X - 24\ 000\ 000$	0,5	0,71
I21(I12)	$Y = 6\ 232,9X - 7\ 681\ 810$	0,72	1,61
I21(I13)	$Y = -104X + 6\ 486\ 816$	0,8	2,45
I21(I14)	$Y = 44,28X - 5\ 670\ 384$	0,53	2,79
I22(I11)	$Y = 6\ 377X - 22\ 000\ 000$	0,49	0,79
I22(I12)	$Y = 5\ 575,96X - 6\ 825\ 942$	0,7	1,74
I22(I13)	$Y = -92,29X + 58\ 2091,3$	0,77	2,55
I22(I14)	$Y = 39,9X - 5\ 080\ 503$	0,52	2,64
I23(I11)	$Y = 9,34X + 164\ 004,1$	0,003	0,68
I23(I12)	$Y = 41X + 128\ 418,8$	0,115	0,912
I23(I13)	$Y = -1,58X + 250\ 030$	0,69	2,24

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

### Таблица 13

#### Выбранные данные из трех пространств

**Table 13**  
Data selected from the three spaces

Период	Пространство	Зависимость	Уравнение	$R^2$	DW	Вес
Период 1	Знаний	K22(K11)	$Y = -0,04X + 30\ 001,17$	0,6	1,49	0,5
		K22(K14)	$Y = 0,09X - 9\ 169,4$	0,59	1,41	0,5
	Согласия	A21(A11)	$Y = 11,9X - 1\ 565\ 296$	0,987	2,39	0,25
		A21(A13)	$Y = 3,05X + 621,8$	0,985	2,38	0,25
		A22(A11)	$Y = 11,21X - 1\ 568\ 236$	0,989	1,64	0,25
		A22(A13)	$Y = 2,86X - 95\ 085,2$	0,985	2,14	0,25

	Инноваций	$I21(I12)$	$Y = 3\,190,44X - 2\,498\,630$	0,9	1,78	0,5
		$I22(I12)$	$Y = 3\,013X - 2\,470\,626$	0,91	1,81	0,5
Период 2	Знаний	$K24(K13)$	$Y = 10,6X - 379\,723$	0,41	1,41	1
		Согласия	$A21(A11)$	$Y = 12,15X - 1\,611\,883$	0,966	2,61
			$A22(A11)$	$Y = 11,05X - 1\,464\,211$	0,972	2,59
	Инноваций	$I21(I12)$	$Y = 6\,232,9X - 7\,681\,810$	0,72	1,61	0,2
		$I21(I13)$	$Y = -104X + 6\,486\,816$	0,8	2,45	0,2
		$I22(I12)$	$Y = 5\,575,96X - 6\,825\,942$	0,7	1,74	0,2
		$I22(I13)$	$Y = -92,29X + 582\,091,3$	0,77	2,55	0,2
		$I23(I13)$	$Y = -1,58X + 250\,030$	0,69	2,24	0,2

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 14**

**Результаты, полученные с учетом случаев с  $b < 0$**

**Table 14**

**The results obtained with consideration for cases of  $b < 0$**

Период	Пространство $i$	Зависимость	$b_i$	$\bar{S}_{I1} / \bar{S}_{I2}$	Вес	Вес по (9.1)	$\Sigma$	C
Период 1	Знаний, K	$K22(K11)$	-0,04	593,4503	0,5	-11,87	-7,91	-4,61
		$K22(K14)$	0,09	87,9089	0,5	3,96		
	Согласия, A	$A21(A11)$	11,9	0,1329	0,25	0,4	1,32	
		$A21(A13)$	3,05	0,3278	0,25	0,25		
		$A22(A11)$	11,21	0,1472	0,25	0,41		
		$A22(A13)$	2,86	0,3631	0,25	0,26		
Инноваций, I	$I21(I12)$	3 190,44	0,0006	0,5	0,97	1,98		
	$I22(I12)$	3 013	0,0006	0,5	1,01			
Период 2	Знаний, K	$K24(K13)$	10,60	0,2261	1	2,4	2,4	4,79
		Согласия, A	$A21(A11)$	12,15	0,1239	0,5	0,75	1,5
	$A22(A11)$		11,05	0,1363	0,5	0,75		
	Инноваций, I	$I21(I12)$	6 232,9	0,0005	0,2	0,68	0,89	
		$I21(I13)$	-104	0,0099	0,2	-0,21		
		$I22(I12)$	5 575,96	0,0006	0,2	0,67		
		$I22(I13)$	-92,29	0,0109	0,2	-0,2		
		$I23(I13)$	-1,58	0,1587	0,2	-0,05		

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 15

Результаты, полученные без учета случаев с  $b < 0$ 

Table 15

The results obtained without considering cases of  $b < 0$ 

Период	Пространство $i$	Зависимость	$b_i$	$\bar{S}_{I1}/\bar{S}_{I2}$	Вес	Вес по (9.1)	$\Sigma$	C
Период 1	Знаний, $K$	$K22(K14)$	0,09	87,9089	1	7,912	7,912	11,21
		$A21(A11)$	11,9	0,1329	0,25	0,25	1,32	
	Согласия, $A$	$A21(A13)$	3,05	0,3278	0,25	0,4		
		$A22(A11)$	11,21	0,1472	0,25	0,41		
		$A22(A13)$	2,86	0,3631	0,25	0,26		
		$I21(I12)$	3 190,44	0,0006	0,5	0,97	1,98	
Инноваций, $I$	$I22(I12)$	3 013	0,0006	0,5	1,01			
Период 2	Знаний, $K$	$K24(K13)$	10,6	0,2261	1	2,4	2,4	7,29
		$A21(A11)$	12,15	0,1239	0,5	0,75	1,5	
	Согласия, $A$	$A22(A11)$	11,05	0,1363	0,5	0,75		
		$I21(I12)$	6 232,9	0,0005	0,5	1,71	3,39	
	Инноваций, $I$	$I22(I12)$	5 575,96	0,0006	0,5	1,68		

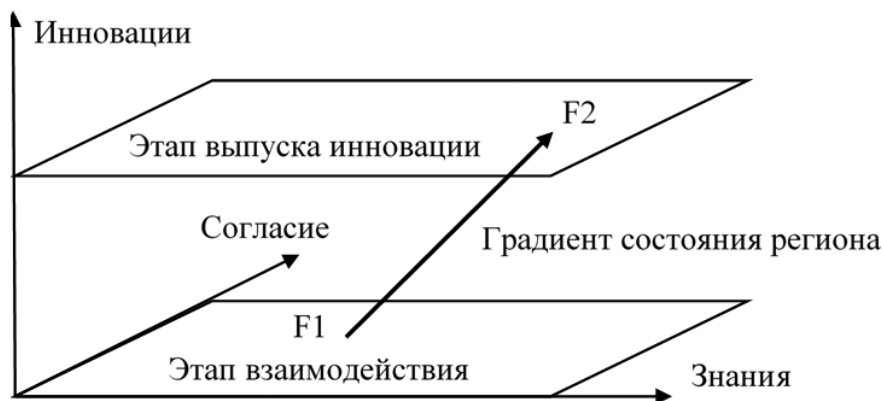
Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1

Представление изменения инновационного и экономического состояния объекта вектором  $F1F2$ 

Figure 1

 $F1F2$  vector-based visualization of changes in the innovative and economic state of actors

Источник: авторская разработка

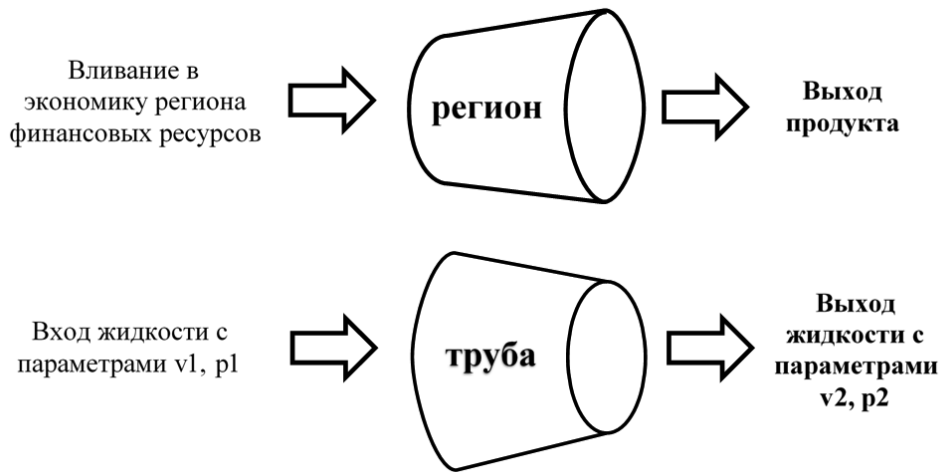
Source: Authoring

**Рисунок 2**

**Представление аналогии между региональными экономическими процессами и процессами гидродинамики**

**Figure 2**

**Visualization of an analogy between regional economic processes and hydrodynamic processes**



Источник: авторская разработка

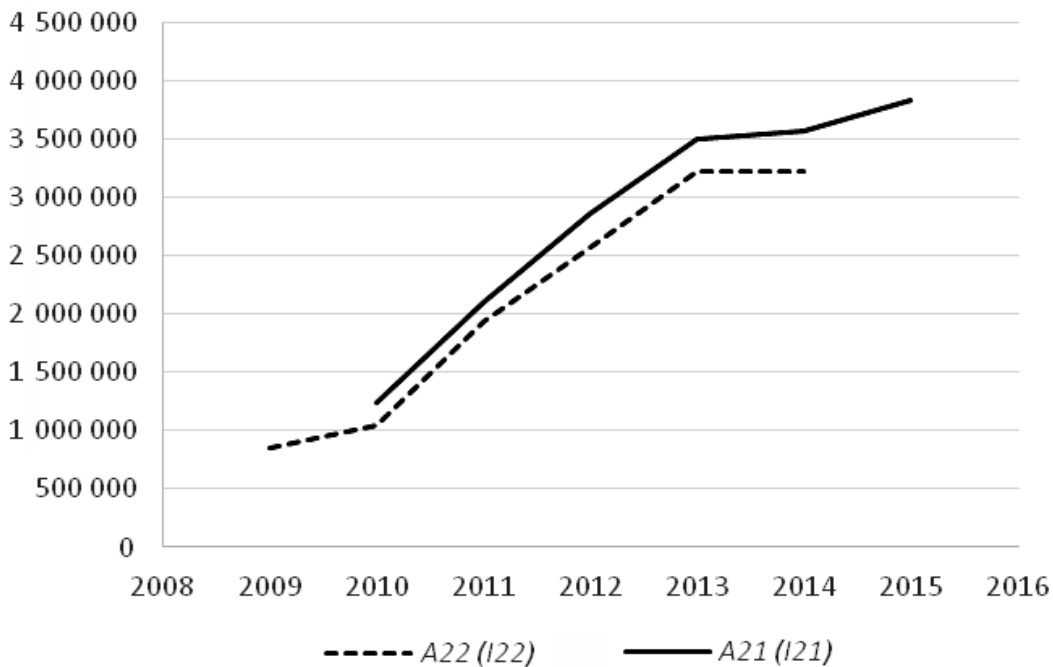
Source: Authoring

**Рисунок 3**

**Динамика дохода от продажи инновационных продуктов и услуг, млн руб.**

**Figure 3**

**Trends in revenue from innovative products and services, million RUB**



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

## Список литературы

1. *Ицковиц Г.* Тройная спираль. Университеты – предприятия – государство. Инновации в действии / пер. с англ. под. ред. А.Ф. Уварова. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2010. 238 с.
2. *Малый В.И., Гусев В.В.* Инновационность развития региона: взаимодействие государства, предприятий и университетов (на примере Саратовской области) // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2013. № 1. С. 20–37.
3. *Голоушкин Р.Д., Кирко В.И., Надеяев В.Д., Усольцев С.В.* Инновационная структура ЗАТО Железногорска – реализация модели инновационного процесса «тройной спирали» Г. Ицковица // Инновации. 2011. № 5. С. 93–96.
4. *Андрюшкевич О.А., Денисова И.М.* Формирование предпринимательских университетов в инновационной экономике // Экономическая наука современной России. 2014. № 3. С. 87–104.
5. *Кристенсен К., Олворт Д., Диллон К.* Стратегия жизни. М.: Альпина Паблишер, 2013. 242 с.
6. *Клейтон К., Рейнор М.* Решение проблемы инноваций в бизнесе. Как создать растущий бизнес и успешно поддерживать его рост. М.: Альпина Паблишер, 2014. 290 с.
7. *Пахомова Е.А.* Методологические основы оценки влияния вуза наукограда на эффективность регионального развития. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 418 с.
8. *Петров А.А.* Об адекватности математических моделей экономики // Труды МФТИ. 2009. Т. 1. № 4. С. 53–65.
9. *Широв А.А., Гусев М.С., Саяпова А.Р., Янтовский А.А.* Научно-технологическая компонента макроструктурного прогноза // Проблемы прогнозирования. 2016. № 6. С. 3–17.
10. *Лившиц В.Н.* Системный анализ рыночного реформирования нестационарной экономики России. 1992–2013. М.: URSS, 2013. 640 с.

## Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## THE TECHNIQUE FOR DETERMINING THE INNOVATIVE POTENTIAL OF SOCIO-ECONOMIC ACTORS AT DIFFERENT HIERARCHICAL LEVELS THROUGH ELEMENTS OF THE VECTOR ANALYSIS AND FIELD THEORY

Svetlana V. ISTOMINA <sup>a\*</sup>, Tat'yana A. LYCHAGINA <sup>b</sup>, Elena A. PAKHOMOVA <sup>c</sup>,  
Aleksandr V. PAKHOMOV <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Atomenergoproekt, State Atomic Energy Corporation ROSATOM, Moscow, Russian Federation  
istomina\_sv@aep.ru  
ORCID: not available

<sup>b</sup> Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow Oblast, Russian Federation  
lychagina@jinr.ru  
ORCID: not available

<sup>c</sup> Dubna State University, Dubna, Moscow Oblast, Russian Federation  
uni-dubna@mail.ru  
ORCID: not available

<sup>d</sup> NPK Dedal, State Atomic Energy Corporation ROSATOM,  
Dubna, Moscow Oblast, Russian Federation  
pakhomov\_av@dedal.ru  
ORCID: not available

\* Corresponding author

### Article history:

Article No. 710/2017  
Received 21 Sept 2017  
Received in revised form  
18 Oct 2017  
Accepted 23 Nov 2017  
Available online  
29 June 2020

**JEL classification:** M20,  
O20, O30

**Keywords:** innovative potential, field theory, triple interaction, vector calculus, continuity equation

### Abstract

**Subject.** The article focuses on the phenomenon of innovative potential of socio-economic actors at different hierarchical levels (macro-, meso-, micro-) through the triple interaction of university, industry and government.

**Objectives.** We devise our own toolkit by involving elements of vector calculus and field theory so as to analyze how innovation influences the development of the above actors, and test it from perspectives of defining the innovative potential of Russia as a macroactor.

**Methods.** The research draws upon elements of vector calculus and field theory (gradient, divergence, continuity equation), method of analogies to adapt concepts of natural sciences to economics (dividing the above actors' characteristics into structural and dynamic by their substantive comparison), regression analysis to define components of the region's innovative potential.

**Results.** We devise the technique for defining the innovative potential of socio-economic actors at different hierarchical levels through the lens of the triple helix University–Industry–Government. The innovative potential is represented with three elements. The proposed tool kit was tested by examining trends in Russia's innovative potential during 2010–2015. As the analysis shows, the 'University' element makes the most valuable contribution.

**Conclusions and Relevance.** Having tested the technique, we assured not only its practical significance, flexibility of the proposed toolkit, but also a method for handling official statistics irrespective of its quality. Domestic data processing is too difficult that it shall be compensated with a transparent and concise toolkit.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

**Please cite this article as:** Istomina S.V., Lychagina T.A., Pakhomova E.A., Pakhomov A.V. The Technique for Determining the Innovative Potential of Socio-Economic Actors at Different Hierarchical Levels Through Elements of the Vector Analysis and Field Theory. *Digest Finance*, 2020, vol. 25, iss. 2, pp. 205–229.  
<https://doi.org/10.24891/df.25.2.205>

---

## Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) as part of project № 16-06-00054, *The Instrumental and Methodological Approach to Adapting the Triple-Helix Model to Russia in line with Historical Retrospect*.

The article was adapted from the *National Interest: Priorities and Security* journal, 2018, vol. 14, iss. 1. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ni.14.1.97>

## References

1. Etzkowitz H. *Troinaya spiral'. Universitety – Predpriyatiya – Gosudarstvo. Innovatsii v deistvii* [The Triple Helix. University – Industry – Government. Innovation in Action]. Tomsk, TSUSMR Publ., 2010, 238 p.
2. Malyi V.I., Gusev V.V. [Innovativeness of the region: The interaction of the State, enterprises and universities (example of the Saratov region)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya. Sotsiologiya. Politologiya = Tomsk State University Journal of Philosophy, Sociology and Political Science*, 2013, no. 1, pp. 20–37. (In Russ.)
3. Goloushkin R.D., Kirko V.I., Nadelyaev V.D., Usol'tsev S.V. [The innovation structure at Zheleznogorsk Closed Administrative-Territorial Unit: An implementation of the Triple-Helix model by H. Etzkowitz]. *Innovatsii = Innovations*, 2011, no. 5, pp. 93–96. (In Russ.)
4. Andryushkevich O.A., Denisova I.M. [The formation of entrepreneurial universities in innovative economy]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii = Economics of Contemporary Russia*, 2014, no. 3, pp. 87–104. (In Russ.)
5. Christensen C., Allworth J., Dillon K. *Strategiya zhizni* [How Will You Measure Your Life?]. Moscow, Al'pina Pabliher Publ., 2013, 242 p.
6. Christensen C., Raynor M. *Reshenie problemy innovatsii v biznese. Kak sozdat' rastushchii biznes i uspeshno podderzhivat' ego rost* [The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth]. Moscow, Al'pina Pabliher Publ., 2014, 290 p.
7. Pakhomova E.A. *Metodologicheskie osnovy otsenki vliyaniya vuza naukograda na effektivnost' regional'nogo razvitiya* [Methodological and instrumental principles for



- evaluating an impact of the university in a science town on the regional development efficiency]. Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic, 2011, 418 p.
8. Petrov A.A. [Scientific directions of Control and Applied Mathematics department MIPT]. *Trudy MFTI = Proceedings of MIPT*, 2009, vol. 1, no. 4, pp. 53–65. (In Russ.)
  9. Shirov A.A., Gusev M.S., Sayapova A.R., Yantovskii A.A. [Scientific and technological dimensions of the macrostructural forecast]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2016, no. 6, pp. 3–17. (In Russ.)
  10. Livshits V.N. *Sistemnyi analiz rynochnogo reformirovaniya nestatsionarnoi ekonomiki Rossii. 1992–2013* [Systems analysis of the market reform in the unsteady economy of Russia. 1992–2013]. Moscow, URSS Publ., 2013, 640 p.

### **Conflict-of-interest notification**

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.