

ИССЛЕДОВАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ПОМОЩЬЮ КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ

Дмитрий Александрович Серпуховитин^а

DOI: 10.22394/2070-8378-2023-25-4-46-55

Дмитрий Игоревич Коровин^б

^а Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

^б Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Аннотация: В статье приводятся описание и результаты применения метода анализа национальной инновационной системы Российской Федерации, основанного на когнитивных связях институциональных участников рынка инноваций. Сценарный анализ с помощью разработанной модели показал наличие ограниченного количества параметров национальной инновационной системы Российской Федерации, позволяющих разработать меры государственной поддержки в трех временных перспективах: краткосрочной, долгосрочной и среднесрочной. Анализ сценариев позволил выявить потенциальные точки экономии бюджетных средств при условии сохранения объема производства инновационной продукции.

Когнитивная модель НИС позволила выявить и сценарные меры государственной поддержки национальной инновационной системы. Построенная модель потенциально требует корректировки связей, поскольку среда существования реальной инновационной системы динамична и связи между ее институтами могут ослабляться или усиливаться под действием внешних факторов.

Ключевые слова: национальная инновационная система, государственная поддержка, государственное управление, когнитивные модели в экономике, сценарный анализ

Дата поступления статьи в редакцию: 16 июня 2023 года.

STUDYING THE NATIONAL INNOVATION SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION USING A COGNITIVE MODEL

RESEARCH ARTICLE

Dmitry Alexandrovich Serpukhovitin^a

Dmitry Igorevich Korovin^b

^a Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation

^b Financial University under the Government of the Russian Federation

Abstract: The article provides the description and results of applying the method for analyzing the national innovation system of the Russian Federation, which is based on the cognitive connections of institutional participants in the innovation market. The analysis of scenarios made it possible to identify potential points for saving budget funds, provided that the volume of production of innovative products is maintained. The growing complexity of the national innovation system in the Russian Federation requires taking into account not only a large number of system parameters, but the rapidly changing significance of the cognitive connections of participants in the national innovation system (hereinafter referred to as NIS). The NIS cognitive model also made it possible to identify scenario-based measures of government support for the national innovation system. The constructed model potentially requires adjustment of connections since the environment of existence for a real innovation system is dynamic and connections between its institutions can be weakened or strengthened under the influence of external factors.

Keywords: national innovation system, state support, public administration, cognitive models in the economy, scenario analysis

Received: June 16, 2023.

Введение

Инновационные процессы как основа развития национальной экономики подвержены разнонаправленному воздействию внешней среды, а сама инновационная деятельность регулируется и поддерживается специализированными государственными институтами. Очевидно, что чем полнее и точнее будет получена оценка, тем эффективнее будут применяться институциональные меры государственной поддержки элементов национальной инновационной системы. Исследователи ставили своей целью определить институциональные параметры национальной инновационной системы Российской Федерации (далее – НИС РФ), оказывающие наибольшее влияние на ее результативность, и определить сценарии государственной поддержки.

Поставленные задачи исследования предполагали формирование графоаналитической национальной инновационной системы, перечня когнитивных связей и атрибутов институциональных параметров национальной инновационной системы Российской Федерации. Необходимо было определить набор институциональных параметров, максимизирующих точность расчета целевого параметра НИС РФ, провести сценарный анализ выбранного набора институциональных параметров НИС РФ и выявить оптимальный сценарий из условия максимизации экономического эффекта.

Инструментами исследования послужили: язык программирования Python 3.8.8 (Apr 13 2021, 15:08:03), а также библиотеки языка программирования для анализа данных – Numpy 1.20.1; Pandas 1.2.4; Networkx 2.5; Statsmodels 0.12.2; Sklearn 0.24.1; для графической интерпретации данных – Matplotlib 3.3.4 и Seaborn 0.11.1.

Параметры НИС и когнитивные связи

Наиболее известными на сегодняшний момент и, следовательно, принимаемыми научным сообществом методами, которые описывают взаимосвязи между экономическими и социальными факторами, а также способны предсказать развитие ситуации, являются эконометрические методы и алгоритмы машинного обучения. Эконометрические методы исследования основываются на анализе ретроспективных статистических данных, построенные же на их основе прогностические модели основаны на предположении о неизменности, найденной зависимости и целостности модели. В рассматриваемом периоде скорость изменений и сложность структуры взаимного влияния параметров экономических систем непрерывно возрастала. Некоторые

исследователи¹ ранее уже отмечали указанные недостатки эконометрических подходов, предлагая рассматривать сложные, многопараметрические экономические системы с помощью методов когнитивной экономики, использующей инструменты машинного обучения, требующих тем не менее достаточно больших вычислительных мощностей.

Приведенные выше особенности эконометрических методов в совокупности с необходимостью учета большего количества связей институтов управления и внешних воздействий не позволяет, по нашему мнению, в полной мере описать и однозначно указать на точки приложения управляющих воздействий для повышения результативности всей системы. Предлагаемая модель, основанная на очевидных когнитивных связях институциональных параметров национальных инновационных систем, лишена указанных недостатков, поскольку учитывает только однозначные взаимосвязи между субъектами системы, то есть идентификацию распространения изменений по всей системе.

В настоящий момент алгоритмы анализа когнитивных графов, которые учитывают обратные связи, позволяют оценить последствия изменений нами воздействий управляющих параметров в настроенной под текущую ситуацию системе взаимодействий внешних факторов [Горелко, Коровин, 2014]. Подобный подход позволяет применять отработку различных сценариев развития ситуации, что невозможно сделать в эконометрических моделях. Модели машинного обучения можно использовать для такого вида анализа, но, как показывает практика для успешной реализации модели (обучения модели), требуется весьма большой объем обучающих последовательностей, что в реальности в рамках наших исследований получить невозможно.

На основе предыдущих исследований² [Канева, Унтура, 2021; Малышкина, 2014; Бокачев, 2020; Савчук, 2016] был сформирован перечень параметров, определяющих НИС РФ, являющихся результатами деятельности формальных государственных

1 См., например: Тутубалин В.Н. Эконометрика: образование, которое нам не нужно. М.: ФАЗИС, 2004. 168 с.; Абдикеев Н.М., Аверкин А.Н., Ефремова Н.А. Когнитивная экономика в эпоху инноваций. Вестник РЭА им. Г.В. Плеханова. 2010. № 1 (31). С. 3–20.

2 См., например: Серпуховитин Д.А. Показатели результативности государственных институтов как параметры национальной инновационной системы // Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы управления, экономики и права в общегосударственном и региональном масштабах». Пенза: ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, 2022. С. 168–172.

Ритм экономики

институтов управления (**таблица 1**). Дополнительно каждому параметру были присвоены атрибуты:

– «управляемость» – бинарный атрибут, идентифицирующий управляемость государственными институтами параметра;

– «неуправляемый» – соответствующие государственные институты не могут напрямую влиять на изменение параметра. Например, показатель «Объем инновационных товаров, работ, услуг» является результатом процесса создания рыночного инновационного продукта и не может быть увеличен прямым воздействием какого-либо государственного института;

– «управляемый», в отличие от «неуправляемого», однозначно зависим от влияния соответствующего государственного института управления; так, величина «Расходов федерального бюджета на образование» определяется при принятии очередного бюджета Российской Федерации Государственной Думой Российской Федерации;

– «институт» – принадлежность параметра институту управления.

Параметры НИС РФ представляют собой временные ряды статистических данных, собранных по отчетности профильных государственных учреждений и организаций.

Поскольку отсутствует определенность в типе распределения для подтверждения необходимости использования когнитивных связей параметров, была проведена оценка корреляции по методу Спирмена (**рисунок 1**). Диаграмма показывает в целом слабую корреляцию параметров, что возможно по разным причинам. Во-первых, не существует тесной связи между направлениями изменений параметров. Во-вторых, на разных периодах наблюдения направления воздействия разнонаправленны, а при усреднении получаем слабую корреляцию. Эконометрика предполагает производить процедуры типа теста Чоу, позволяющие выбрать периоды структурных сдвигов, но мы понимаем, что характер взаимодействия изучаемых нами факторов мог быть различен в таких периодах, как период до 2014 года, период от 2014 до 2019 года, период пандемии COVID-19, период специальной военной операции. Следовать рекомендациям рассмотрения моделей в отдельных периодах невозможно. Нас интересует процесс управления, который должен быть устойчив и в периоды структурных сдвигов. Это подтверждает правильность когнитивного подхода при анализе национальной инновационной системы.

Поскольку математическая связь параметров (**таблица 1**) явно не выражена, для построения мо-

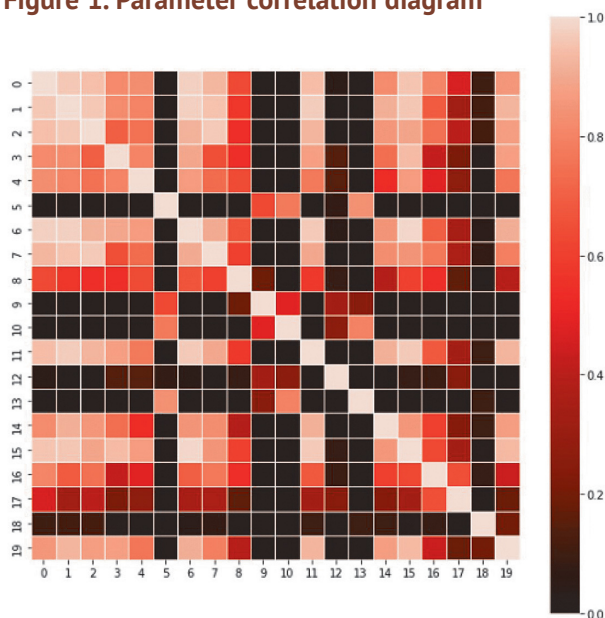
Таблица 1. Наименование и размерность параметров НИС РФ

Table 1. Names and dimensions of parameters of the National Innovation System in the Russian Federation

№	Наименование параметра	Размерность параметра
0	Объем инновационных товаров, работ, услуг	Млрд руб.
1	Затраты на инновационную деятельность организаций	Млрд руб.
2	Разработанные передовые производственные технологии	Единица
3	Используемые передовые производственные технологии	Единица
4	Число организаций, выполнявших научные исследования и разработки в Российской Федерации (среднее на конец года)	Единица
5	Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками (среднее на конец года)	Человек
6	Внутренние затраты на научные исследования и разработки (в фактически действовавших ценах) (исполнено)	Млрд руб.
7	Финансирование науки из средств федерального бюджета (исполнено)	Млрд руб.
8	Налоговые расходы на объекты НИС (включая межбюджетные трансферы на объекты инновационной инфраструктуры и гос. программы)	Млрд руб.
9	Количество новых научных и технических изданий	Единица
10	Количество выданных патентов	Единица
11	Доходы Консолидированного бюджета Российской Федерации	Млрд руб.
12	Среднедушевые денежные доходы населения	Млрд руб.
13	Количество выпускников аспирантуры и докторантуры	Человек
14	Расходы федерального бюджета на образование (исполнено)	Млрд руб.
15	Количество объектов инновационной инфраструктуры (технополисы, технопарки, ОЭЗ, кластеры) накопленным итогом в текущем году	Единица
16	Объем экспорта инновационных товаров, работ, услуг	Млрд руб.
17	Объем венчурных инвестиций	Млрд руб.
18	Прямые инвестиции в Российскую Федерацию	Млрд руб.
19	Меры комплексной государственной поддержки инноваций (исполнено)	Млрд руб.

Рисунок 1. Диаграмма корреляции параметров
(Номер параметра на рисунке 1 соответствует номеру вершины графа в таблице 1.)

Figure 1. Parameter correlation diagram

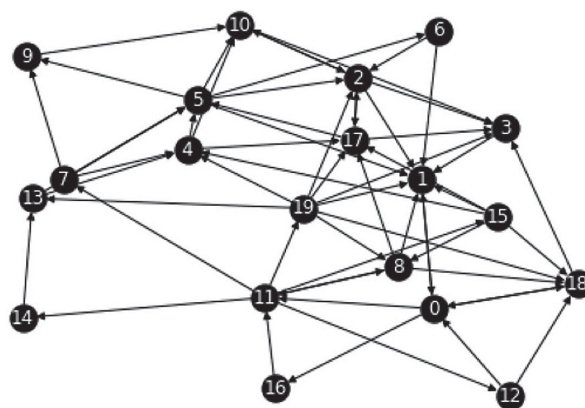


дели национальной инновационной системы было принято решение использовать графовый метод описания НИС РФ с когнитивными связями вершин – результатами деятельности государственных институтов управления.

Когнитивный граф представляет собой описание воздействий факторов (вершин графа) друг на друга. «Функционирование» вершины – действие фактора описывается числовым параметром. Если действие одного фактора является логической причиной изменения другого (мы это определяем, исследуя сущность действий, а не корреляцию, которая не указывает на причинно-следственные связи), то в случае однонаправленного роста числовых параметров мы соединяем эти вершины дугой с весом «+1», а в случае разнонаправленного – дугой с весом «-1». В природе не бывает воздействий без обратной связи, особенно если речь идет о функционировании социально-экономической системы. Всякое управление параметром приведет в будущем к реакции системы. Поэтому в когнитивном графе наибольший интерес вызывают циклы. Сбалансированными циклами мы считаем те, произведение весов дуг которых положительно. В случае сбалансированности мы можем предположить, что, изменяя параметр в заданной вершине, мы не получим в будущем обратный импульс. Следовательно, возможность изменения параметром можно использовать как управление факторами на цикле в долгосрочной перспективе. В случае возникновения несбалансированности подобной

Рисунок 2. Отображение графа (Индекс вершины соответствует номеру параметра в таблице 1)

Figure 2. Graph display



уверенности нет. Не утверждается, что мы получим осциллирующий эффект (во многих динамических системах это проявляется), однако колебания параметров вероятны. Характер колебаний не всегда очевиден и зависит от большого числа факторов. Это не позволяет считать изменение исследуемого параметра как функцию управления. В нашем случае мы определяем циклы, изучаем их сбалансированность и в случае нарушения баланса производим рекомендации для достижения «управляемости» системы.

Итак, вершины графа были соединены направленными ребрами с весами «+1» или «-1»: положительная связь «+1» – изменение значения показателя, из которого выходит ребро, влечет соответствующее изменение значения показателя, в которое это ребро входит, и наоборот: изменение значения показателя вызывает обратное изменение значения связанного показателя – отрицательная связь «-1». Например, вершина «Налоговые расходы на объекты НИС» связана с вершиной «Объемы инвестиций» положительной связью, поскольку при увеличении объемов компенсации затрат предприятиям на инновационную деятельность из государственного бюджета выпадающих налогов (в рамках мер государственного стимулирования) инвестиционная привлекательность инновационных предприятий увеличивается, что приводит к увеличению валового объема инвестиций. Однако вершина «Объемы инвестиций» никак не влияет на «Налоговые расходы на объекты НИС», поскольку при увеличении инвестиций нельзя однозначно утверждать о росте или падении соответствующих расходов государства. С другой стороны, вершина «Налоговые расходы на объекты НИС» связана связью отрицательного типа с вершиной «Государственный бюджет Российской Федерации», по-

скольку последний компенсирует соответствующие выпадающие налоговые доходы. Графическая интерпретация графа модели НИС РФ приведена на **рисунке 2**. Основные характеристики графа НИС РФ приведены в **таблице 2**.

Общий анализ графа показал наличие 786 простых циклов³ и отсутствие несбалансированных циклов. Анализ частоты вхождения вершин в простые циклы приведен на **рисунке 3**.

Скорость нарастания изменений в мире и, как следствие, в экономике России в последнее десятилетие существенно увеличилась. Внешние воздействия требуют постоянной коррекции как доктрины национальной безопасности, так и стратегических целей страны [Казанцев, 2022], что также требует корректировок и мер государственной поддержки НИС РФ [Юнусов, Кунтаева, Исакова, 2022]. Данные для обучения модели содержат показатели за 2010–2021 годы, то есть как раз лежат в периоде нарастающих изменений, причем наиболее интенсивное влияние внешних воздействий могло быть оказано в последней трети этого диапазона.

Целью исследования является определение сценариев государственной поддержки НИС РФ, результатами которых должны быть рост результативности системы производства инноваций. Выбираем следующие стартовые параметры для анализа модели:

1) № 11 «Доходы Консолидированного бюджета Российской Федерации» – стартовый параметр, поскольку предполагается, что меры государственной поддержки будут проектироваться и финансироваться исходя из возможностей бюджета Российской Федерации;

2) № 0 «Объем инновационных товаров, работ и услуг» – целевой параметр, поскольку его рост приведет к росту и «Доходы Консолидированного бюджета Российской Федерации», что будет свидетельствовать о результативности и эффективности предлагаемых мер государственной поддержки НИС РФ.

Поскольку для исследования модели предполагается использовать методы машинного обучения⁴, необходимо убедиться, что выбранный для целей иссле-

3 Под «простыми циклами» мы будем понимать замкнутые циклы графа, в которых при обходе ни одна из вершин не повторяется дважды.

4 Машинное обучение будет использоваться для обучения регрессий.

Таблица 2. Некоторые характеристики графа

Table 2. Selected characteristics of the graph

№ по п.	Характеристика	Значение
1	Количество вершин	20
2	Количество ребер	60
3	Направленность графа	Да
4	Плотность графа	0.158
5	Несбалансированные циклы	Отсутствует
6	Количество простых циклов	786

дования цикл графа может описывать НИС РФ, сделанные на его основе прогнозы будут достоверны, а модель не требует корректировки воздействий прошлых периодов. Для этого необходимо убедиться, что на параметры в вершинах влияют только соседние вершины этого же цикла, то есть граф будет сбалансирован. Проверка сбалансированности графа была проведена по методу, приведенному в работе «Сбалансированные знаковые графы и их применение» [Ибрагимова, 2019]. В результате проверки каждый из 786 простых циклов оказался сбалансированным, что в соответствии с определением свидетельствует о сбалансированности графа.

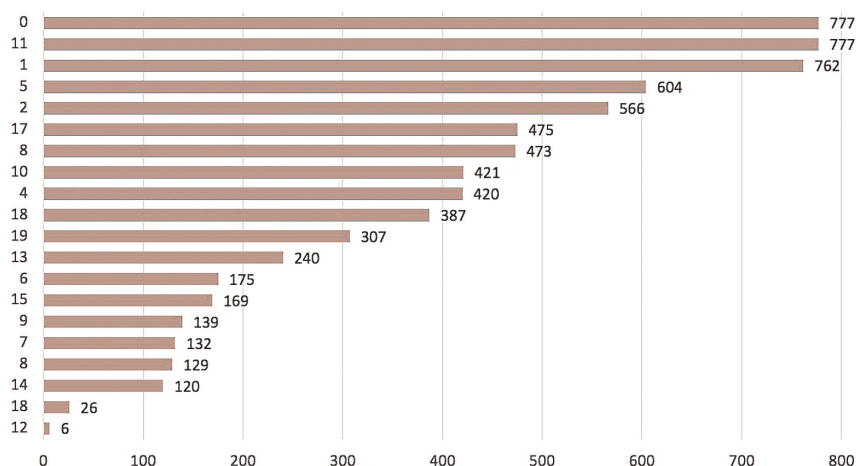
Поиск параметров, влияющих на изменение параметров в вершинах № 11 и № 0, осуществляется через исследования простых циклов, в которые эти вершины входят. Анализ графа НИС РФ при глубине 12 вершин показал наличие 387 простых циклов длиной от 3 до 12 вершин.

Поиск ключевых параметров модели

Каждый из найденных 387 циклов интерпретировался как аналитическая модель с целевым значением вершины № 11 «Доходы Консолидированного

Рисунок 3. Частота вхождения вершин в простые циклы

Figure 3. Frequency of occurrence of vertices in simple cycles



бюджета Российской Федерации», в качестве параметров которой выступали вершины цикла.

Аналитическая модель каждого простого цикла состояла из двух уровней формализации⁵:

Уровень 1: каждая вершина цикла представлялась в виде функции влияющих на нее, связанных с ней вершин графа НИС РФ.

Уровень 2: целевой параметр представлялся регрессией аналогично уровню 1 для текущего периода. Расчет значений, то есть предсказание регрессии, следующего периода осуществлялся по принципу:

$$y(t+1) = x(t) + b$$

(1).

При обнаружении петли внутри цикла входящие в нее параметры рассчитывались следующим образом:

- 1) определялся первый и второй параметр по направлению обхода цикла;
- 2) второй параметр представлялся как функция первого параметра предыдущего периода (t-1) и действующих на него связанных параметров в текущем периоде;
- 3) расчет значения второго параметра для момента времени t.

Графическая иллюстрация алгоритма расчета на произвольном цикле приведена на **рисунке 4**.

Оба уровня модели содержат регрессии, которые подбирались из следующего набора (в скобках приведены настройки регрессии для машинного обучения):

LinearRegression (n_jobs = -1, positive = False);
Ridge (alpha=0.1, max_iter = 10000, solver = 'auto');
Lasso (max_iter = 10000, random_state = 42, selection = 'random');
HuberRegressor (max_iter = 1000, alpha=0.0001).

Точность регрессии оценивалась по величине коэффициента детерминации (R²) на тестовом наборе данных. В **таблице 3** приведено пять регрессий, показавших наибольшую точность.

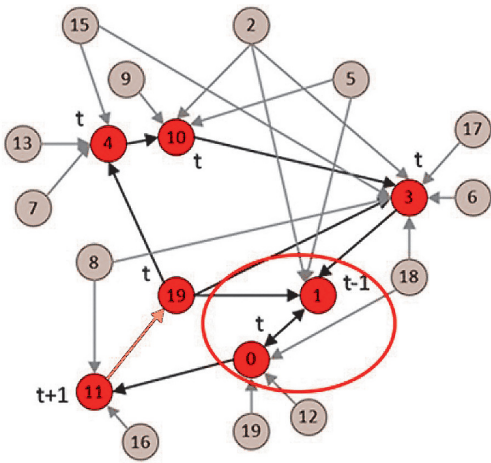
Графическая интерпретация цикла (№ 11), соответствующего регрессии № 1 из таблицы 3, приведена на **рисунке 5**.

Перечень скелетных вершин цикла № 11, изображенного на рисунке 4, приведен в **таблице 4**.

Графическое сравнение ряда № 11 «Доходы Консолидированного бюджета Российской Федерации» и подобранной регрессии № 11 приведено на **рисунке 6**.

Все параметры графоаналитической модели НИС РФ являются результатами функционирования государственных институтов управления, од-

Рисунок 4. Графическая интерпретация алгоритма*
Figure 4. Graphical interpretation of the algorithm*

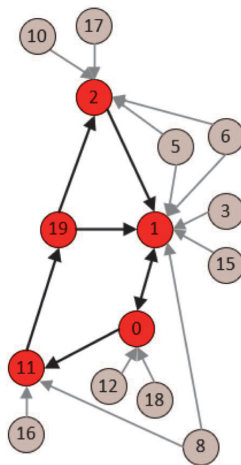


* Красным цветом выделены вершины простого цикла (скелетные вершины), синим – вершины графа НИС РФ, связанные с вершинами рассматриваемого цикла

Таблица 3. Перечень регрессий
Table 3. List of regressions

№ по п.	Индекс цикла	Скелетные вершины цикла входящих в цикл	Количество вершин в цикле	R2
1	11	[11, 1, 2, 19, 0]	5	0.911407
2	31	[11, 1, 5, 19, 13, 0]	6	0.905028
3	84	[11, 1, 2, 5, 19, 13, 0]	7	0.889382
4	83	[11, 1, 5, 19, 4, 13, 0]	7	0.887772
5	148	[11, 1, 2, 5, 19, 4, 13, 0]	8	0.877610

Рисунок 5. Графическая интерпретация цикла № 11*
Figure 5. Graphic interpretation of cycle No. 11



* Красным цветом обозначены скелетные вершины, синим – соответствующие влияющие вершины

5 Уровни модели соответствуют последовательности расчета.

Ритм экономики

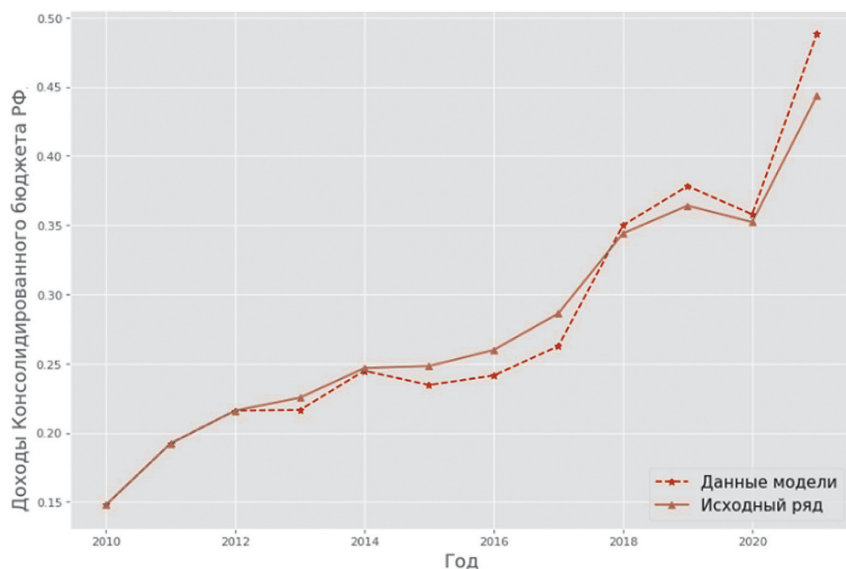
Таблица 4. Перечень вершин цикла

Table 4. List of cycle vertices

№ вершины	Наименование вершины
11	Доходы Консолидированного бюджета Российской Федерации
1	Затраты на инновационную деятельность организаций
2	Разработанные передовые производственные технологии
19	Меры комплексной государственной поддержки инноваций
0	Объем инновационных товаров, работ и услуг

Рисунок 6. Сравнение ряда, рассчитанного регрессией, и исходного ряда

Figure 6. Comparing the series calculated by regression and the original series



нако не все из них подвержены непосредственному влиянию мер государственной поддержки. В **таблице 5** приведены атрибуты вершин цикла № 11.

Из таблицы 5 видно, что пять из 15 параметров являются управляемыми, из которых 5 и принадлежат к институту государственного управления и один параметр «Объем венчурных инвестиций» – к институтам рынка. Несмотря на это, можно с уверенностью утверждать, что и последний можно условно отнести к государственным институтам управления, поскольку, по данным Ассоциации венчурного инвестирования (РАВИ), в 2022 году более 44 % от всех венчурных инвестиций поступило от государственных и корпоративных фондов⁶.

Для формирования мер государственной поддержки управляемые параметры целесообразно разделить на три группы по скорости получения положительного экономического эффекта: краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные.

К краткосрочным мерам можно отнести: налоговые расходы

6 <http://www.rvca.ru/upload/files/lib/RVCA-yearbook-2022-Russian-PE-and-VC-market-review-ru.pdf>

Таблица 5. Атрибуты вершин цикла № 11

Table 5. Attributes of the vertices of cycle No. 11

№ вершины	Наименование	Управляемость	Институт
0	Объем инновационных товаров, работ, услуг	Неуправляемый	Рынок
1	Затраты на инновационную деятельность организаций	Неуправляемый	Рынок
2	Разработанные передовые производственные технологии	Неуправляемый	Наука и образование
3	Используемые передовые производственные технологии	Неуправляемый	Рынок
5	Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками	Неуправляемый	Рынок
6	Внутренние затраты на научные исследования и разработки	Неуправляемый	Рынок
8	Налоговые расходы на объекты НИС	Управляемый	Государственное управление
10	Количество выданных патентов	Неуправляемый	Наука и образование
11	Доходы Консолидированного бюджета Российской Федерации	Неуправляемый	Рынок
12	Среднедушевые денежные доходы населения	Управляемый	Государственное управление
15	Количество объектов инновационной инфраструктуры (технополисы, технопарки, ОЭЗ, кластеры)	Управляемый	Государственное управление
16	Объем экспорта инновационных товаров, работ, услуг	Неуправляемый	Рынок
17	Объем венчурных инвестиций	Управляемый	Рынок
18	Прямые инвестиции в Российскую Федерацию	Неуправляемый	Рынок
19	Меры комплексной государственной поддержки инноваций	Управляемый	Государственное управление

на объекты НИС, меры комплексной государственной поддержки инноваций. Программа предполагает разработку мер по снижению налогового давления на частные инновационные компании и компании с государственным участием, со стимулированием через действующие государственные программы и проекты по развитию инноваций и экономики.

Среднесрочные меры – это количество объектов инновационной инфраструктуры. Предполагается продолжение развития объектов инновационной инфраструктуры в качественном и количественном выражении. Например, интенсификация развития окружающей инфраструктуры, поддержка инвесторов [Оборин, 2020], развитие правовой базы, снижение бюрократических барьеров [Ниязбекова, Назаренко, 2019].

Долгосрочные меры – среднедушевые денежные доходы населения. Параметры, отнесенные к долгосрочному сценарию, носят характер стратегических приоритетов развития страны, поскольку без интенсивного роста доходов населения невозможен не только рост производства инновационной продукции за счет внутреннего спроса населения, но и рост потребления, а также инвестирования в инновационные проекты. Необходимо отметить, что рост доходов населения должен носить систематический и интенсивный характер, приводящий к поэтапному росту уровня благосостояния домашних хозяйств. Адресные выплаты для статистического увеличения доходов населения не могут быть достаточно эффективными, поскольку обеспечат только текущие потребности домохозяйств, но не их качественное развитие.

Приведенные выше меры государственной поддержки относятся к обобщенной модели, однако очевидно неравное влияние ее параметров на целевую вершину «Доходы Консолидированного бюджета Российской Федерации». Эффект от применения тех или иных мер поддержки институтов НИС РФ может проявляться на различных временных периодах, что требует реализации различных сценариев этой поддержки для достижения наибольшего экономического эффекта. Поиск сценария с максимальным экономическим эффектом выполнялся следующим образом:

1) выбран ряд коэффициентов чувствительности модели (выраженные проценты): -3, -1, 1, 3, 5 и 10;

2) рассчитано количество сочетаний управляемых параметров;

3) для каждого сочетания параметров и временных задержек последовательно рассчитывалось изменение их величин на коэффициент чувствительности;

4) рассчитано значение параметров в скелетных вершинах цикла;

5) по окончании расчета формируется новый набор данных, по которому рассчитывается значение вершины 11;

6) рассчитывается величина коррекции как разница между истинным и предсказанным значением вершины 11, то есть без изменения на коэффициент чувствительности;

7) рассчитанное значение корректируется на величину коррекции;

8) наилучший сценарий определяется как максимальная положительная разность между реальным и расчетным значением целевой вершины в последнем, 2021, году.

Для выбранного ряда коэффициентов чувствительности количество сценариев составило 196 608, или 32 768 на один коэффициент. Наибольшее приращение целевого параметра в выбранном ряде коэффициентов чувствительности приведено в **таблице 6**.

Характеристики сценария, соответствующего наибольшему приращению целевого параметра, приведены в **таблице 7**.

Величина временного лага указывает на длительность действия мер государственной поддержки параметров. Так, временной лаг для вершины 8 (0,1 и 2) означает увеличение параметра на заданный коэффициент чувствительности на всем протяжении окна расчета, а для параметра в вершине 15 имеет значение увеличение мер государственной поддержки только во втором и третьем году.

Необходимо отметить, что приведенные в таблице 6 значения не учитывают потенциальную экономию расходов федерального бюджета за счет сокращения расходов по соответствующим параметрам НИС РФ статьям. Так, например, экономия финансирования в размере одного процента в единич-

Таблица 6. Характеристики наилучшего сценария
Table 6. Best-case scenario characteristics

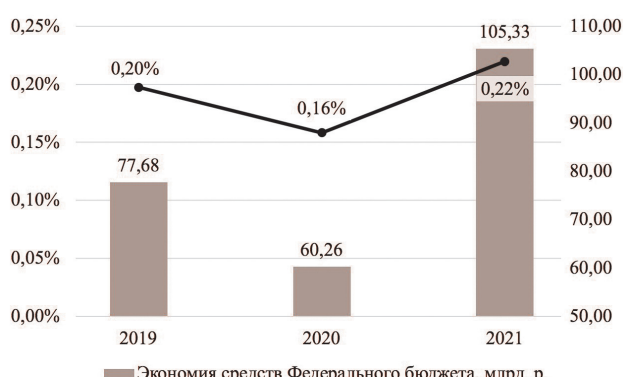
Год оценки	Коэффициент чувствительности				
	Изменение целевого параметра НИС РФ, %				
	-5.0	-1.0	1.0	5.0	10.0
2013	-1.03	-0.21	0.21	1.03	2.09
2014	-0.88	-0.18	0.18	0.88	1.76
2015	-1.36	-0.27	0.27	1.36	2.72
2016	-1.75	-0.35	0.35	1.75	3.5
2017	-2.17	-0.43	0.43	2.17	4.33
2018	-1.72	-0.34	0.34	1.72	3.44
2019	-1.66	-0.33	0.33	1.66	3.33
2020	-1.81	-0.36	0.36	1.81	3.61
2021	-1.52	-0.3	0.3	1.52	3.05

Таблица 7. Характеристики наилучшего сценария
Table 7. Best-case scenario characteristics

№ вершины цикла	Наименование вершины (параметра)	Временной лаг, год
8	Налоговые расходы на объекты НИС	0,1 и 2
12	Среднедушевые денежные доходы населения	0,1 и 2
15	Количество объектов инновационной инфраструктуры	1 и 2
19	Меры комплексной государственной поддержки инноваций	0 и 2

Рисунок 7. Экономия средств федерального бюджета Российской Федерации

Figure 7. Saving funds from the federal budget of the Russian Federation



ном окне (три года) модели параметра № 8, № 15⁷ и № 19 позволяет сэкономить 243,26 млрд в течение трех лет (с 2019 по 2021 год) бюджетных средств без существенного падения объемов производства инновационной продукции. На **рисунке 7** приведена оценка экономии средств федерального бюджета Российской Федерации по годам.

7 Взято оценочно по разделам 1001, 1002, 1003 (частично), 1004 и 1006 бюджетной классификации.

Литература

- Бокачев И.Н. Национальная инновационная система Индии: особенности развития и возможности для российских компаний. Дисс. ...канд. экон. наук. М., 2020.
- Горелко Г.П., Коровин Д.И. Применение сбалансированных оргграфов для описания динамики экономических процессов в социально-экономических системах. Иваново: [б. и.], 2014.
- Ибрагимова Э.И. Сбалансированные знаковые графы и их применение // Материалы XVIII Международной конференции имени А.Ф. Терпугова «Информационные технологии и математическое моделирование» (ИТММ-2019). Томск: Издательство научно-технической литературы,

Заключение

Проведенное исследование показало высокую точность когнитивной модели национальной инновационной системы Российской Федерации, построенной по графовым принципам. Коэффициент детерминации наилучшей модели превышает 0,9 и обладает потенциалом к увеличению. Повысить точность модели можно следующими способами:

1) Расширение набора данных по каждой вершине с помощью декомпозиции до данных квартала.

2) Смена парадигмы исследования: рассмотрение параметров как результата не линейной регрессии, а нелинейной авторегрессии с линейными параметрами. Гипотеза о допустимости смены парадигмы нуждается в дополнительной проверке.

3) Ранжирование связей (определение веса ребра графа) в выбранном цикле. Релевантное ранжирование ребер графа маловероятно из-за большого количества связей, однако в выбранном графе присвоение веса ребрам, предположительно, допустимо устанавливать методом экспертных оценок. Использование этого метода оптимизации требует разработки методологии сбора оценок.

4) Уточнение методов исследования и подбор соответствующих инструментов.

Когнитивная модель НИС РФ позволила выявить и сценарные меры государственной поддержки национальной инновационной системы Российской Федерации, которые подтверждаются и другими исследователями. Построенная модель потенциально требует корректировки связей, поскольку среда существования реальной инновационной системы крайне динамична и связи между ее институтами могут ослабляться или усиливаться под действием внешних факторов. Несмотря на это, продлеваемый подход к анализу НИС РФ не зависит от нелинейных искажений значений параметров, но основывается на их глубинных связях, которые условно можно считать неизменными на длительном промежутке времени.

2019. С. 15–20.

Казанцев С.О. О достижении стратегических целей и обеспечении безопасности современной России. *Мир новой экономики*. 2022. № 16 (1). С. 17–27.

Канева М.А., Унтура Г.А. Модели оценки влияния экономики знаний на экономический рост и инновации регионов. Новосибирск: Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 2021.

Малышкина М.В. Развитие национальной инновационной системы Российской Федерации на основе проблемно-ориентированного и адаптационных подходов. Дисс. ... канд. экон. наук. Самара, 2014.

Д.А. Серпуховитин, Д.И. Коровин. Исследование национальной инновационной системы Российской Федерации с помощью когнитивной модели

Ниязбекова Ш.У., Назаренко О.В., Буневич К.Г., Иванова О.С. Особые экономические зоны России: анализ, проблемы и пути их решения. *Научный вестник: финансы, банки, инвестиции*. 2019. № 2 (47). С. 213–222.

Оборин М.С. Перспективные направления развития технопарков в регионах России. *Сервис в России и за рубежом*. 2020. № 92 (5). С. 102–109.

Савчук С.Б. Экономические ресурсы региональной инноваци-

онной системы: структурная модель и методы оценки. Дисс. ... канд. экон. наук: Краснодар, 2016.

Юнусов А.Р., Кунтаева Х.М., Исакова Б.Л. Анализ состояния и проблемы развития промышленного комплекса России на основе регулирования отраслевого рынка инноваций. *Естественно-гуманитарные исследования*. 2022. № 41 (3). С. 410–415.

References

Bokachev I.N. National innovation system of India: development features and opportunities for Russian companies. Diss. ... cand. econ. Sci. Moscow, 2020.

Gorelko G.P., Korovin D.I. Application of balanced digraphs to describe the dynamics of economic processes in socio-economic systems. Ivanovo: [b. i.], 2014.

Ibragimova E.I. Balanced signed graphs and their applications // Materials of the XVIII International Conference named after A.F. Terpugov "Information technologies and mathematical modeling" (ITMM-2019). Tomsk: Izdatel'stvo nauchno-tekhnicheskoy literatury, 2019. P. 15–20.

Kazantsev S.O. On achieving strategic goals and ensuring the security of modern Russia. *Mir novoy ekonomiki*. 2022. No. 16 (1). P. 17–27.

Kaneva M.A., Untura G.A. Models for assessing the impact of the knowledge economy on regional economic growth and innovation. Novosibirsk: Institute of Economics and Organization of Industrial Production SB RAS, 2021.

Malyshkina M.V. Development of the national innovation system of the Russian Federation based on problem-oriented and adaptation approaches. Diss. ...cand. econ. Sci. Samara, 2014.

Niyazbekova Sh.U., Nazarenko O.V., Bunevich K.G., Ivanova O.S. Special economic zones of Russia: analysis, problems, and ways to solve them. *Nauchnyy vestnik: finansy, banki, investitsii*. 2019. No. 2 (47). P. 213–222.

Oborin M.S. Promising directions for the development of technology parks in the regions of Russia. *Servis v Rossii i za rubezhom*. 2020. No. 92 (5). P. 102–109.

Savchuk S.B. Economic resources of the regional innovation system: structural model and assessment methods. Diss. ...cand. econ. Sciences: Krasnodar, 2016.

Yunusov A.R., Kuntaeva Kh.M., Isakova B.L. Analyzing the state and problems of development of the Russian industrial complex based on regulation of the industry innovation market. *Yestestvenno-gumanitarnyye issledovaniya*. 2022. No. 41 (3). P. 410–415.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Дмитрий Александрович Серпуховитин, аспирант Института государственной службы и управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Российская Федерация, 119571, Москва, проспект Вернадского, 82). E-mail: d.serpuhovitin@gmail.com

Дмитрий Игоревич Коровин, доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, профессор Департамента анализа данных и машинного обучения Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (Российская Федерация, 125167, Москва, Ленинградский проспект, 49/2). E-mail: DIKorovin@fa.ru

Для цитирования: Серпуховитин Д.А., Коровин Д.И. Исследование национальной инновационной системы Российской Федерации с помощью когнитивной модели. *Государственная служба*. 2023. № 4. С. 46–55.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Dmitry Alexandrovich Serpuhovitin, graduate student at the Institute of Public Service and Management Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation (82, Vernadsky prospect, Moscow, 119571, Russian Federation). E-mail: d.serpuhovitin@gmail.com

Dmitry Igorevich Korovin, Doctor of Sci. (Economics), Candidate of Sci. (Physical and Mathematical Sciences), Professor of the Department of Data Analysis and Machine Learning Financial University under the Government of the Russian Federation (49/2, Leningradsky prospekt, Moscow, 125167, Russian Federation). E-mail: DIKorovin@fa.ru

For citation: Serpuhovitin D.A., Korovin D.I. Studying the national innovation system of the Russian Federation using a cognitive model. *Gosudarstvennaya sluzhba*. 2023. No. 4. P. 46–55.