Использование комбинированного моделирования в рамках мониторинга национальных инновационных систем

Курганский Егор Дмитриевич
аспирант, Финансовый университет при Правительстве РФ, 249740@edu.fa.ru

Практика мониторинга национальных инновационных систем опирается на индикаторную модель «вход-выход» с линейным агрегированием показателей, которое по построению допускает полную взаимную компенсацию значений. Цель работы – обосновать надстройку к действующим системам мониторинга, преобразующую индикаторную оценку в функциональный профиль объекта и его динамическую интерпретацию, без замены существующего инструментария и без сбора новых первичных данных. Использованы данные Глобального инновационного индекса 2025 года по Российской Федерации; применены проверочный пересчет схемы агрегирования, функциональная декомпозиция индикаторной базы по тетраде системной экономической теории и представление тетрадного контура в терминах запасов, потоков и задержек системной динамики. Показано, что разброс входных столпов индекса по Российской Федерации в сто три позиции сводится агрегированием к семьдесят третьему месту субиндекса входов, то есть к середине распределения, где ранг наименее устойчив к изменению метода конструирования. Предложены четырехшаговая архитектура надстройки и четыре варианта ее реализации, различающиеся требованиями к данным и риском ложной точности. Обосновано представление средовой подсистемы через коэффициенты проводимости связей, а не через накопление. Выдвинута гипотеза о двух режимах функционирования инновационных систем, различающихся долей ресурсного потока, поглощаемой средовой подсистемой.

Ключевые слова: национальная инновационная система, мониторинг, системная динамика, системная экономическая теория, тетрада, функциональная сбалансированность, композитные индикаторы, Глобальный инновационный индекс.

Введение

Понятие национальной инновационной системы (НИС) сформировалось на рубеже 1980–1990-х годов в работах трех авторов, определения которых носят взаимодополняющий характер. Ч. Фримен (1987) описывал НИС как сеть институтов государственного и частного секторов, деятельность и взаимодействие которых инициируют, импортируют, модифицируют и распространяют новые технологии, Б.-О. Лундвалл (1992) включал в нее организации и институты, вовлеченные в поиск и исследование, а также все части и аспекты экономической структуры и институционального устройства, влияющие на обучение; Р. Нельсон (1993) определял ее как совокупность институтов, взаимодействия которых определяют инновационную результативность национальных фирм [1]. Общим для всех трех определений является акцент на взаимодействии, а не на составе.

Однако измерительный инструментарий, обслуживающий это понятие, унаследовал логику иной, более ранней конструкции – линейной модели инновационного процесса. Б. Годэн показал, что линейная модель является историческим конструктом, точный источник которого никогда не был документирован, а авторы, использовавшие и критиковавшие ее на протяжении полувека, редко ссылались на первоисточник [2]. Существенно предложенное им объяснение живучести модели – она сохраняется прежде всего потому, что на ней построена статистика. Этим объясняется наблюдаемое расхождение – теория НИС давно перешла к интерактивной трактовке инновационного процесса, тогда как мониторинг продолжает воспроизводить логику «вход-выход», поскольку в нее встроена вся система сбора данных.

Ограничения линейного агрегирования зафиксированы в методической литературе и не являются предметом дискуссии. Руководство по построению композитных индикаторов ОЭСР и Объединенного исследовательского центра Европейской комиссии прямо указывает, что линейное агрегирование подразумевает полную и постоянную компенсируемость, при которой слабый результат по одним показателям компенсируется достаточно высокими значениями других; геометрическое агрегирование дает лишь частичную компенсируемость, снижающуюся при наличии показателей с низкими значениями [3]. Применительно к инновационным индикаторам Х. Групп и Т. Шуберт показали, что методология построения композитного индикатора оказывает прямое влияние на итоговые результаты и ранжирование [4]. К. Алкарара провел проверку робастности непосредственно Глобального инновационного индекса (ГИИ), сопоставив его ранги с ранжированием, полученным методом анализа среды функционирования и методом главных компонент; ключевой результат состоит в том, что страны в верхней и нижней частях ранга менее чувствительны к изменению методики построения, тогда как ранг стран в середине распределения не является робастным относительно модификации метода конструирования [5].

Последнее обстоятельство имеет прямое следствие. Объект, чей агрегат сформирован взаимным поглощением крайних значений, по построению оказывается в середине распределения, то есть ровно в той зоне, где ранг наименее устойчив. Эффект компенсации и неробастность ранга представляют собой не два независимых дефекта, а одно явление в двух проявлениях.

Альтернатива структурному описанию НИС предложена в рамках функционального подхода: М. Хеккерт и соавторы исходили из того, что методы анализа, сосредоточенные преимущественно на структуре инновационных систем, оказались недостаточны, и предложили рамку, фокусирующуюся на ключевых процессах – функциях инновационных систем [6]. Подход получил широкое признание в исследовательской практике, однако в инструментарий регулярного международного мониторинга он не перенесен. Параллельно в отечественной традиции сложилась системная экономическая теория Г. Б. Клейнера, классифицирующая экономические системы по характеру их локализации в пространственно-временном континууме на объектные, средовые, процессные и проектные [7; 8]. Существенно, что эта рамка уже применялась к измерительным задачам: Г. Б. Клейнер и М. А. Рыбачук построили оценку системной сбалансированности экономики России в региональном разрезе, используя косвенные статистические данные о соотношении размеров четырех подсистем субъектов Российской Федерации [9].

Методология системной динамики, разработанная Дж. Форрестером [10] и систематизированная Дж. Стерманом [11], предназначена для описания систем, поведение которых определяется структурой накоплений, потоков, задержек и контуров обратной связи. Ее применение к инновационным системам не является новым: систематический обзор М. Урионы и С. Гроббелаар охватывает пятьдесят четыре исследования и выделяет четыре области применения – политику исследований и разработок, политику диффузии инноваций, научно-техническую политику и региональную политику; вместе с тем авторы отмечают, что большинство работ носит преимущественно исследовательский характер и остается на концептуально-теоретическом уровне [12].

Сопоставление изложенного выявляет разрыв. Существуют признанная критика линейной индикаторной модели, разработанные функциональные рамки описания НИС, прецедент измерения системной сбалансированности по

тетраде и корпус моделей системной динамики. Однако эти линии не соединены: модели строятся под конкретную задачу, с авторским набором переменных, что делает их несопоставимыми между собой, а функциональные рамки не связаны с действующими индикаторными базами. Цель работы – обосновать надстройку, соединяющую эти элементы: функциональная декомпозиция задает фиксированный, выводимый из теории каркас модели, действующая индикаторная база дает ее параметризацию, а системная динамика – правила чтения полученного профиля. Надстройка не предполагает замены существующего мониторинга и не требует сбора новых первичных данных.

Материалы и методы

Эмпирическую основу составил профиль Российской Федерации в Глобальном инновационном индексе 2025 года, публикуемый Всемирной организацией интеллектуальной собственности [13]. Профиль содержит баллы и ранги по семи столпам, значения по всем индикаторам с указанием ранга, а также сведения о полноте данных. Схема агрегирования восстановлена по методологическому приложению к выпуску 2025 года [14]. Выбор ГИИ обусловлен тем, что он охватывает 139 экономик, его методология документирована и допускает воспроизведение расчета, а его робастность независимо исследована [5], что позволяет соотносить собственные наблюдения с внешней оценкой.

Для установления механизма формирования итоговой оценки выполнен независимый пересчет субиндексов и итогового балла по документированной схеме [14] с последующим сопоставлением результата с опубликованным значением. Совпадение расчетного и опубликованного значений служит подтверждением корректности реконструированной схемы и, следовательно, обоснованности выводов о характере компенсации.

Индикаторы соотнесены с четырьмя функциями тетрады системной экономической теории. Основанием служит различение типовых продуктов деятельности систем разных типов: типовым продуктом объектной системы является товар, средовой – услуга, процессной – работа, проектной – преобразование самой экономической системы [7]. Применительно к НИС объектная подсистема объединяет устойчиво локализованные элементы, аккумулирующие знания, компетенции и технологические возможности, и выполняет функцию накопления и воспроизводства инновационного потенциала; средовая подсистема охватывает институциональные правила, стимулы, ограничения и ресурсные условия и обеспечивает возможность взаимодействия остальных подсистем; процессная подсистема включает трансфер технологий, внедрение, освоение, производство и коммерциализацию и преобразует результаты проектной деятельности в устойчиво воспроизводимые экономические результаты; проектная подсистема охватывает поиск, экспериментирование и апробацию новых комбинаций знаний и технологий и обеспечивает изменение самой системы.

Тетрадный контур представлен в терминах системной динамики [10; 11]: подсистемы – как накопления, связи между ними – как потоки, институциональные условия – как параметры, модифицирующие интенсивность потоков. Основанием служит положение о конечности автономного существования тетрады: она способна воспроизводиться самостоятельно лишь на ограниченном промежутке времени, длительность которого зависит от размеров жизненных циклов входящих в нее проектной и процессной систем, и для продления ее функционирования необходима своевременная замена закончивших свои жизненные циклы проекта и процесса другими однотипными системами [7].

Ограничение метода состоит в том, что отнесение индикатора к функции содержит элемент экспертного суждения и в настоящей работе выполнено автором единолично, без процедуры оценки межэкспертной согласованности. Приводимая разметка имеет статус иллюстрации принципа, а не утвержденной классификации.

Результаты

Профиль Российской Федерации в ГИИ 2025 года приведен в таблице 1.

Таблица 1
Баллы и ранги Российской Федерации по столпам и субиндексам Глобального инновационного индекса 2025 года (выборка – 139 экономик)

Столп, субиндекс	Балл	Ранг
Институты	23,3	131
Человеческий капитал и исследования	47,2	28
Инфраструктура	40,4	76
Сложность рынка	34,6	76
Сложность бизнеса	35,0	46
Субиндекс входов	36,1	73
Результаты знаний и технологий	21,8	62
Творческие результаты	27,0	55
Субиндекс выходов	24,4	55
Глобальный инновационный индекс, итог	30,3	60

Источник: составлено автором по данным [13].

Согласно методологии, субиндекс входов есть простое среднее пяти входных столпов, субиндекс выходов – простое среднее двух выходных, итоговый индекс – простое среднее двух субиндексов [14]. Пересчет дает следующие значения. Субиндекс входов: сумма 23,26 + 47,17 + 40,42 + 34,59 + 35,02 = 180,46, деленная на пять, равна 36,09. Субиндекс выходов: сумма 21,84 + 27,03 = 48,87, деленная на два, равна 24,44. Итоговый индекс: сумма 36,09 + 24,44 = 60,53, деленная на два, равна 30,27. Опубликованное значение индекса для Российской Федерации в 2025 году составляет 30,3 [13]. Расчет воспроизводит публикуемый результат, что подтверждает корректность реконструированной схемы.

Разброс рангов между входными столпами составляет 103 позиции – с 28-й по 131-ю, что охватывает около 74 % выборки из 139 экономик. Агрегированный субиндекс входов при этом дает 73-е место, то есть 52,5-й процентиль – середину распределения. Крайние значения взаимно погашаются полностью.

Управленчески два этих описания несовместимы. Средний уровень входов предполагает равномерное распределение оценок, тогда как профиль с институтами на 131-м месте при человеческом капитале на 28-м предполагает принципиально иное содержательное значение оценки. Индекс в его нынешнем виде сообщает скрывает разрывы в структуре самой системы обследуемого объекта. Существенно, что дефицит не рассеян, а сосредоточен в одной функции и однороден внутри нее: операционная стабильность для бизнеса – 137-е место, качество регулирования – 131-е, верховенство права – 131-е [13]. Это слабость не набора показателей, а функции. Наконец, полученная позиция попадает точно в зону неробастности, установленную независимым исследованием: ранг 60 из 139 – середина распределения, где ранжирование ГИИ наименее устойчиво к изменению метода конструирования [5]. Компенсация не просто скрывает структуру объекта, но и помещает его в область, где сама оценка наименее надежна.

Предлагаемая надстройка представляет собой слой интерпретации, преобразующий уже собираемые индикаторы в параметры динамической модели. Контур преобразования включает четыре шага. На первом шаге выполняется функциональная разметка: каждый индикатор относится к одной из четырех функций тетрады и одновременно классифицируется как показатель запаса, потока или условия – параметра, модифицирующего интенсивность потока. Пример разметки приведен в таблице 2.

Таблица 2
Пример функциональной разметки индикаторов Глобального инновационного индекса

Индикатор	Функция	Динамический тип
2.3.1 Исследователи, FTE на млн населения	Объект	Запас
2.3.2 Валовые расходы на НИОКР, % ВВП	Объект	Поток
1.2.2 Верховенство права	Среда	Условие
1.1.1 Операционная стабильность для бизнеса	Среда	Условие
4.2.2 Полученный венчурный капитал, число сделок	Проект	Поток
6.1.1 Патенты по происхождению	Проект – объект	Поток
6.3.3 Высокотехнологичный экспорт	Процесс	Поток
6.2.4 Высокотехнологичное производство	Процесс	Запас

Источник: составлено автором; наименования и коды индикаторов приведены по [13].

На втором шаге строится контур: подсистемы представляются накоплениями, соединенными потоками по кольцевой схеме. Основанием служит указание на кольцевую структуру тетрады, в которой пары «объект – среда», «среда – процесс», «процесс – проект» и «проект – объект» связаны взаимными отношениями симбиотического типа, тогда как пары «объект – процесс» и «проект – среда» не взаимодействуют между собой непосредственно [7]. Схема контура приведена на рисунке 1.

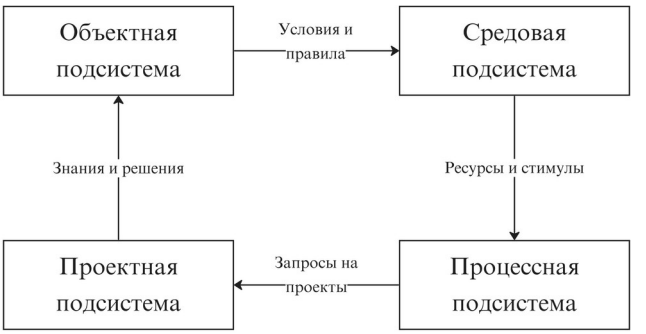


Рисунок 1 – Кольцевой контур тетрады национальной инновационной системы и положение средовой подсистемы. Источник: составлено автором по [7]

На третьем шаге выполняется привязка индикаторов к переменным модели: показатели запаса задают начальные уровни накоплений, показатели потока – интенсивности перемещений, показатели условий – коэффициенты, модифицирующие интенсивность потоков. Индикатор при этом перестает быть самостоятельной оценкой и становится параметром структуры. На четвертом шаге значение индикатора интерпретируется не относительно распределения по странам, а относительно его роли в контуре: является ли он ограничителем потока, накоплением без оттока, потоком без источника. Это

позволяет приблизиться к содержательному значению полученных оценок в рамках мониторинга. Разделение показателей на запасы и потоки, вводимое на первом шаге, устраняет дефект, воспроизводимый действующими индексами, – сложение величин, имеющих разную размерность по времени [11].

Средовая подсистема требует представления, отличного от остальных трех, и основанием для этого является системная экономическая теория. Стилизованная производственная функция, выводимая для объектных, процессных и проектных систем, не может быть применена к средовым системам, поскольку производственной функции для них, аналогичной производственным функциям других типов систем, не существует: задача средовых систем состоит в создании возможностей для «стыковки» объектных и процессных систем, средовые системы играют роль посредников, а их результативность выражается в результативности остальных видов систем [7]. К этому добавляется положение о том, что взаимодействие между системами в экономике осуществляется через посредство средовой системы, имеющей релевантную структуру для перемещения материальных и нематериальных благ и сигналов [7].

Отсюда следует, что средовая подсистема не должна моделироваться как накопление с собственным результатом. Ее корректное представление в терминах системной динамики – совокупность коэффициентов проводимости на связях между остальными подсистемами. При этом ресурс, поглощенный средовой подсистемой на собственное поддержание, есть чистая потеря контура – величина, изъятая из потока и не преобразованная в результат ни в одной из подсистем.

Надстройка допускает реализацию с разной степенью формализации. Вариант A – дескриптивная надстройка: строится диаграмма причинных связей тетрадного контура, индикаторы размещаются на ней как маркеры состояния узлов и связей, численный прогон не выполняется. Вариант B – модель запасов и потоков без страновой калибровки: записывается полная спецификация с накоплениями, потоками, вспомогательными переменными и размерностями, параметры задаются в нормированном виде, что позволяет анализировать режимы поведения контура вне привязки к конкретному объекту. Вариант C – калиброванная модель, в которой параметры потоков оцениваются по временным рядам индикаторов. Вариант D – сценарная надстройка, использующая калиброванную модель для прогона сценариев политических мер и сравнения их по величине и задержке отклика. Сопоставление вариантов приведено в таблице 3.

Таблица 3

Сравнение вариантов реализации надстройки

Критерий	A	B	C	D
Требуются новые данные	Нет	Нет	Ряды	Ряды и меры
Тип численного результата	Нет	Типологический	Страновой	Сценарный
Чувствительность к данным	Низкая	Низкая	Высокая	Очень высокая
Готовность к внедрению	Высокая	Средняя	Низкая	Низкая

Источник: составлено автором.

Ограничения вариантов C и D должны быть заявлены явно. Издатель индекса прямо предупреждает, что доступность данных и изменения методологии мониторинга влияют на межгодовые сопоставления рангов [13]. Кроме того, по профилю Российской Федерации 2025 года два индикатора имеют отсутствующие данные и двадцать один – устаревшие, причем по ряду позиций разрыв достигает трех-четырех лет: данные международной программы оценки образовательных достижений учащихся относятся к 2018 году при модельном годе 2022, доля выпускников естественно-научных и инженерных специальностей – к 2019 году при модельном 2022 [13]. Калибровка на таких рядах требует явного анализа чувствительности к пропускам.

Обсуждение

В системной экономической теории типовым продуктом проектной системы является преобразование самой экономической системы [7]. Отсюда следует, что изменение системы осуществляется через ее проектную подсистему. Инновационная система есть система, назначение которой состоит в непрерывном преобразовании из чего следует, что преобладание проектной подсистемы не является для нее отклонением – оно объясняет ее постоянно изменчивую природу. Система с уравновешенной тетрадой воспроизводится, но не трансформируется. Это положение противоречит определению тетрады как конфигурации, поддерживающей гомеостаз в экономике [7], и с логикой измерения сбалансированности [9], где сбалансированность выступает нормативным ориентиром. Напряжение, как представляется, разрешается различением уровней, где тетрада НИС может быть разбалансирована в пользу проектной подсистемы, оставаясь элементом сбалансированной тетрады экономики более высокого уровня, в которой функция НИС в целом является проектной.

Отсюда первая гипотеза (H1): функциональный профиль инновационной системы, находящейся в режиме развития, характеризуется устойчивым преобладанием проектной составляющей, тогда как профиль с уравновешенными долями подсистем соответствует режиму воспроизводства без развития. Проверяемое следствие состоит в том, что при построении профилей по изложенной методике страны с устойчивым ростом выходных показателей должны демонстрировать более высокую долю проектной составляющей, чем страны со стагнирующими выходными показателями, при контроле уровня экономического развития.

Как показано выше, средовая подсистема не имеет собственной результативности, которая выражается в результативности остальных видов систем, и одновременно является средой передачи для всех межсистемных взаимодействий [7]. Соединение этих положений дает вторую гипотезу (H2): инновационные системы разделяются на два качественно различных типа в зависимости от доли ресурсного потока, поглощаемой средовой подсистемой на собственное поддержание. Для первого типа систем издержки соблюдения правил, трансакционные издержки и издержки преодоления институциональных ограничений низки, ресурсный поток проходит от объектной подсистемы к проектной с малым затуханием, проектная подсистема получает ресурс, достаточный для реализации своей функции, и система трансформируется. Для систем второго типа характерны высокие издержки взаимодействия с институциональной средой и участники вынуждены расходовать значительную долю ресурсов на ее преодоление: юридическое сопровождение, обеспечение соответствия требованиям, страхование регуляторных рисков, поиск обходных траекторий. Функционально эти расходы относятся к средовой подсистеме, но не производят результата ни в одной из подсистем из чего следует, что проектная подсистема стабильно недофинансирована, и система остается формально инновационной, воспроизводясь без трансформации.

Второй тип, вероятно, обладает свойством самоподдержания – чем выше издержки среды, тем больше ресурсов отвлекается на их преодоление, тем меньше остается проектной подсистеме, тем слабее давление на изменение среды со стороны реализованных проектов и тем дольше сохраняются высокие издержки. Это замкнутый усиливающий контур – конструкция, описывающая в системной динамике устойчивую ловушку[11].

Второй режим не наблюдаем непосредственно в индикаторной модели и проявляется не как низкое значение отдельного показателя, а как рассогласование между высоким объектным потенциалом и низкой проектной результативностью при высоких средовых издержках. Профиль Российской Федерации по ГИИ 2025 года демонстрирует такую конфигурацию – человеческий капитал и исследования – 28-е место при институтах на 131-м, полученном венчурном капитале на 121-м и чистом притоке прямых иностранных инвестиций на 125-м. Одновременно авторы индекса отмечают, что Российская Федерация производит больше инновационных результатов относительно уровня инновационных инвестиций [13].

Это наблюдение согласуется с гипотезой H2, но не подтверждает ее. Согласованность единичного случая с гипотезой не является проверкой по трем причинам. Во-первых, один объект не позволяет отличить закономерность от совпадения. Во-вторых, альтернативные объяснения того же профиля – санкционные ограничения, структурные особенности сырьевой экономики, качество измерения институциональных показателей – не исключаются имеющимися данными. В-третьих, индикаторы институтов в ГИИ являются композитными индексами, частично построенными на экспертных опросах, что накладывает собственные ограничения на интерпретацию; к тому же по Российской Федерации два таких индикатора опираются на данные 2021 года при модельном годе 2024 [13]. Корректная проверка H2 требует построения функциональных профилей по всей выборке индекса, проверки того, распадается ли распределение профилей на две группы, и того, предсказывает ли принадлежность к группе последующую динамику выходных показателей; это задача самостоятельного исследования. Что надстройка дает уже на текущем этапе – возможность сформулировать данный вопрос, который в индикаторной модели не формулируется.

Заключение

Линейное агрегирование в действующих системах мониторинга НИС порождает эффект взаимной компенсации, количественно подтвержденный на данных ГИИ 2025 года: разброс входных столпов по Российской Федерации в 103 позиции, охватывающий 74 % выборки, сводится к 73-му месту субиндекса входов, то есть к середине распределения [13]. Авторский пересчет воспроизводит опубликованный итоговый балл 30,3, подтверждая механизм. Получаемая при этом позиция попадает в зону, где ранг индекса, по данным независимой проверки робастности, наименее устойчив к изменению метода конструирования [5]; компенсация и неробастность ранга представляют собой одно явление в двух проявлениях.

Перераспределение индикаторов по функциям тетрады дает функциональный профиль, различающий объекты по способу организации системы, а не только по достигнутому уровню [9]. При этом статичное наблюдение нерелевантно, т.к. тетрадная конструкция динамична, ее подсистемы имеют конечные жизненные циклы и требуют восполнения [7], поэтому переход к описанию в терминах запасов, потоков и задержек является необходимым продолжением. Средовая подсистема требует особого представления, т.к. не имея собственной производственной функции [7], она должна задаваться коэффициентами проводимости, а не накоплением, а поглощаемый ею на собственное поддержание ресурс есть чистая потеря в рамках системы.

Предложены четыре варианта реализации надстройки и обоснована последовательность внедрения от дескриптивной модели к оценочной. Выдвинуты две авторские гипотезы – о проектном преобладании как конституирующем свойстве инновационной системы и о двух режимах, различающихся долей

ресурсного потока, поглощаемой средовой подсистемой. Обе выдвинутые гипотезы являются предметом дальнейших исследований.

Литература

1. Assessing the Origins, Evolution and Prospects of National Innovation Systems. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7786140/ (дата обращения: 25.08.2026).
2. Godin B. The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework // Science, Technology, & Human Values. 2006. Vol. 31, no. 6. P. 639–667. DOI: 10.1177/0162243906291865.
3. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide / OECD, European Commission, Joint Research Centre. Paris: OECD Publishing, 2008. URL: https://www.oecd.org/en/publications/handbook-on-constructing-composite-indicators-methodology-and-user-guide_9789264043466-en.html (дата обращения: 25.08.2026).
4. Grupp H., Schubert T. Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance // Research Policy. 2010. Vol. 39, no. 1. P. 67–78. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733309001991 (дата обращения: 25.08.2026).
5. Alqararah K. Assessing the robustness of composite indicators: the case of the Global Innovation Index // Journal of Innovation and Entrepreneurship. 2023. Vol. 12, no. 1. Art. 61. DOI: 10.1186/s13731-023-00332-w.
6. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change / M. P. Hekkert, R. A. A. Suurs, S. O. Negro [и др.] // Technological Forecasting and Social Change. 2007. Vol. 74, no. 4. P. 413–432. DOI: 10.1016/j.techfore.2006.03.002.
7. Клейнер Г. Б. Новая теория экономических систем и ее приложения // Вестник Российской академии наук. 2011. Т. 81, № 9. С. 794–808. URL: https://kleiner.ru/wp-content/uploads/2014/12/Novaya-teoriya-e%60konomicheskih-sistem-i-ee-prilozheniya.pdf (дата обращения: 25.08.2026).
8. Клейнер Г. Б. Системная экономика как платформа развития современной экономической теории // Вопросы экономики. 2013. № 6. С. 4–28. DOI: 10.32609/0042-8736-2013-6-4-28.
9. Клейнер Г. Б., Рыбачук М. А. Системная сбалансированность экономики России: региональный разрез // Экономика региона. 2019. Т. 15, вып. 2. С. 309–323. DOI: 10.17059/2019-2-1.
10. Forrester J. W. Industrial Dynamics. Cambridge, MA: MIT Press, 1961. 464 p.
11. Sterman J. D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 2000.
12. Uriona M., Grobbelaar S. S. Innovation system policy analysis through system dynamics modelling: A systematic review // Science and Public Policy. 2019. Vol. 46, no. 1. P. 28–44. DOI: 10.1093/scipol/scy034.
13. Russian Federation ranking in the Global Innovation Index 2025 / World Intellectual Property Organization. URL: https://www.wipo.int/edocs/gii-ranking/2025/ru.pdf (дата обращения: 25.08.2026).
14. Global Innovation Index 2025. Appendix I: Conceptual and measurement framework of the Global Innovation Index / World Intellectual Property Organization. URL: https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2025/en/appendix-i-conceptual-and-measurement-framework-of-the-global-innovation-index.html (дата обращения: 25.08.2026).
15. Sterman J. D. Misperceptions of feedback in dynamic decision making // Organizational Behavior and Human Decision Processes. 1989. Vol. 43, no. 3. P. 301–335. DOI: 10.1016/0749-5978(89)90041-1.

Combined modelling approach for national innovation systems monitoring

Kurganskiy E.D.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The monitoring of national innovation systems relies on an input-output indicator model with linear aggregation, which by construction admits full mutual compensation of values. The aim of this paper is to substantiate an add-on to existing monitoring systems that converts an indicator score into a functional profile of the object and its dynamic interpretation, without replacing the existing toolkit and without collecting new primary data. The study uses Global Innovation Index 2025 data for the Russian Federation and applies a verification recalculation of the aggregation scheme, a functional decomposition of the indicator base along the tetrad of systems economic theory, and a representation of the tetrad loop in terms of stocks, flows and delays. A spread of one hundred and three positions across the input pillars is shown to be reduced by aggregation to the seventy-third place of the input sub-index, that is, to the middle of the distribution, where the rank is least robust to a change in the construction method. A four-step architecture of the add-on and four implementation options are proposed. A hypothesis is advanced concerning two regimes of innovation systems that differ in the share of the resource flow absorbed by the environmental subsystem.

Keywords: national innovation system, monitoring, system dynamics, systems economic theory, tetrad, functional balance, composite indicators, Global Innovation Index.

References

1. Assessing the Origins, Evolution and Prospects of National Innovation Systems. Available at: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7786140/ (accessed 25.08.2026).
2. Godin B. The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework. Science, Technology, & Human Values, 2006, vol. 31, no. 6, pp. 639-667. DOI: 10.1177/0162243906291865.
3. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. OECD, European Commission, Joint Research Centre. Paris, OECD Publishing, 2008.
4. Grupp H., Schubert T. Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. Research Policy, 2010, vol. 39, no. 1, pp. 67-78. Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733309001991 (accessed 25.08.2026).
5. Alqararah K. Assessing the robustness of composite indicators: the case of the Global Innovation Index. Journal of Innovation and Entrepreneurship, 2023, vol. 12, no. 1, art. 61. DOI: 10.1186/s13731-023-00332-w.
6. Hekkert M. P., Suurs R. A. A., Negro S. O., Kuhlmann S., Smits R. E. H. M. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. Technological Forecasting and Social Change, 2007, vol. 74, no. 4, pp. 413-432. DOI: 10.1016/j.techfore.2006.03.002.
7. Kleiner G. B. Novaya teoriya ekonomicheskikh sistem i ee prilozheniya [A new theory of economic systems and its applications]. Vestnik Rossiyskoy akademii nauk, 2011, vol. 81, no. 9, pp. 794-808. (In Russ.)
8. Kleiner G. B. Sistemnaya ekonomika kak platforma razvitiya sovremennoy ekonomicheskoy teorii [Systems economics as a platform for the development of modern economic theory]. Voprosy Ekonomiki, 2013, no. 6, pp. 4-28. DOI: 10.32609/0042-8736-2013-6-4-28. (In Russ.)
9. Kleiner G. B., Rybachuk M. A. Sistemnaya sbalansirovannost ekonomiki Rossii: regionalnyy razrez [System balance of the Russian economy: regional perspective]. Ekonomika regiona = Economy of Region, 2019, vol. 15, iss. 2, pp. 309-323. DOI: 10.17059/2019-2-1. (In Russ.)
10. Forrester J. W. Industrial Dynamics. Cambridge, MA, MIT Press, 1961. 464 p.
11. Sterman J. D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston, Irwin/McGraw-Hill, 2000.
12. Uriona M., Grobbelaar S. S. Innovation system policy analysis through system dynamics modelling: A systematic review. Science and Public Policy, 2019, vol. 46, no. 1, pp. 28-44. DOI: 10.1093/scipol/scy034.
13. Russian Federation ranking in the Global Innovation Index 2025. World Intellectual Property Organization. Available at: https://www.wipo.int/edocs/gii-ranking/2025/ru.pdf (accessed 25.08.2026).
14. Global Innovation Index 2025. Appendix I: Conceptual and measurement framework of the Global Innovation Index. World Intellectual Property Organization. Available at: https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2025/en/appendix-i-conceptual-and-measurement-framework-of-the-global-innovation-index.html (accessed 25.08.2026).
15. Sterman J. D. Misperceptions of feedback in dynamic decision making. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 1989, vol. 43, no. 3, pp. 301-335. DOI: 10.1016/0749-5978(89)90041-1.