

Кузора, С. С. Методика оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры / С. С. Кузора, Е. Б. Олейник // Прикладная математика и вопросы управления. – 2024. – № 2. – С. 139–154. DOI 10.15593/2499-9873/2024.2.10

Библиографическое описание согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018

Кузора, С. С. Методика оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры / С. С. Кузора, Е. Б. Олейник. – Текст : непосредственный. – DOI 10.15593/2499-9873/2024.2.10 // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2024. – № 2. – С. 139–154.



**пермский
политех**

**ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА
И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ**
№ 2, 2024

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Научная статья

DOI: 10.15593/2499-9873/2024.2.10

УДК 330.43



Методика оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры

С.С. Кузора, Е.Б. Олейник

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация

О СТАТЬЕ

Получена: 05 февраля 2024

Одобрена: 26 апреля 2024

Принята к публикации:

10 июня 2024

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

равноценен.

Ключевые слова:

инновационное развитие, инновационная инфраструктура, показатели эффективности, оценка эффективности, количественные и качественные методы оценки эффективности, математическое моделирование инновационной деятельности, методика оценки эффективности, теория нечетких множеств, нечеткая логика, метод анализа иерархий, временные ряды.

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена использованию методов математического моделирования для разработки методического подхода к оценке эффективности организаций, деятельность которых связана с инновационным развитием. Раскрывается особенность инновационного развития и определяется роль организаций, участвующих в научно-технической политике государства. В результате анализа отображаются основные виды организаций инновационной инфраструктуры, их функциональное назначение и поддержка со стороны органов исполнительной власти. Теоретической частью исследования является формирование сводного перечня показателей эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры с целью дальнейшего использования в практической составляющей работы. На основании ранее проведенного исследования обосновывается выбор математического инструментария для разработки методики оценки, который предусматривает использование теории нечетких множеств и нечеткой логики, метода анализа иерархии, анализа временных рядов. Перечисленный набор методов моделирования применяется с точки зрения комплексности объекта исследования: учитываются количественные и качественные показатели, расставляются приоритеты задействованным переменным, принимаются во внимание проанализированные внешние факторы влияния. Такой подход позволяет повысить объективность результатов оценки. В качестве примера предлагаемый методический подход используется для оценки одного из элементов инновационной инфраструктуры. Подчеркивается необходимость комплексной оценки и уточняется практическая применимость предлагаемого подхода. Методика может быть использована органами государственной власти для целесообразного распределения финансовых ресурсов и других мер стимулирования организаций инновационной инфраструктуры. Также методика применима для внутреннего аудита деятельности рассмотренных в работе элементов с целью выработки рекомендаций по повышению собственной эффективности.

© Кузора Станислав Сергеевич – ассистент, Департамент инноваций, Политехнический институт, e-mail: kuzora_ss@dvfu.ru.

Олейник Елена Борисовна – доктор экономических наук, доцент, профессор, Департамент управления на основе данных, Школа экономики и менеджмента, e-mail: oleynik.eb@dvfu.ru.



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Perm Polytech Style: Kuzora S.S., Oleinik E.B. Methodology for assessing the efficiency of innovation infrastructure organizations. *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2024, no. 2, pp. 139–154. DOI: 10.15593/2499-9873/2024.2.10

MDPI and ACS Style: Kuzora, S.S.; Oleinik, E.B. Methodology for assessing the efficiency of innovation infrastructure organizations. *Appl. Math. Control Sci.* 2024, 2, 139–154. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2024.2.10>

Chicago/Turabian Style: Kuzora, Stanislav S., and Elena B. Oleinik. 2024. “Methodology for assessing the efficiency of innovation infrastructure organizations”. *Appl. Math. Control Sci.* no. 2: 139–154. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2024.2.10>



APPLIED MATHEMATICS
AND CONTROL SCIENCES

№ 2, 2024

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Article

DOI: 10.15593/2499-9873/2024.2.10

UDC 330.43



Methodology for assessing the efficiency of innovation infrastructure organizations

S.S. Kuzora, E.B. Oleinik

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 05 February 2024
Approved: 26 April 2024
Accepted for publication:
10 June 2024

Funding

This research received no external funding.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Author Contributions

equivalent.

Keywords:

innovative development, innovation infrastructure, efficiency indicators, efficiency assessment, quantitative and qualitative methods of efficiency assessment, mathematical modeling of innovation activity, methodology of efficiency assessment, fuzzy set theory, fuzzy logic, method of hierarchy analysis, time series.

ABSTRACT

The paper is devoted to the use of mathematical modeling methods to develop a methodological approach to assessing the effectiveness of organizations whose activities are related to innovative development. The peculiarity of innovative development is revealed and the role of organizations involved in the scientific and technological policy of the state is determined. As a result of the analysis, the main types of innovation infrastructure organizations, their functional purpose and support from the executive authorities are displayed. The theoretical part of the study is the formation of a consolidated list of performance indicators of innovation infrastructure organizations for further use in the practical component of the work. Based on the previously conducted research, the choice of mathematical tools for the development of assessment methodology is justified, which provides for the use of the theory of fuzzy sets and fuzzy logic, the method of hierarchy analysis, time series analysis. The listed set of modeling methods is applied from the point of view of the complexity of the research object: quantitative and qualitative indicators are taken into account, the involved variables are prioritized, the analyzed external factors of influence are taken into account. This approach makes it possible to increase the objectivity of the assessment results. As an example, the proposed methodological approach is used to assess one of the elements of innovation infrastructure. The conclusion emphasizes the need for a comprehensive assessment and clarifies the practical applicability of the proposed approach. The methodology can be used by public authorities for the expedient allocation of financial resources and other incentives for innovation infrastructure organizations. The methodology is also applicable for internal audit of the activities of the elements considered in this paper in order to develop recommendations to improve their own efficiency.

© **Stanislav S. Kuzora** – Stanislav S. Kuzora – Ph. D. Student in Economics, Assistant of the Department of Innovation, e-mail: kuzora_ss@dvfu.ru; ORCID: 0000-0003-2309-2035.

Elena B. Oleinik – Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Data Driven Management Department, e-mail: oleinik.eb@dvfu.ru; ORCID: 0000-0002-1573-2277.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Введение

Одним из возможных способов достижения стратегических целей устойчивого развития экономики является переход от экспортно-сырьевой к инновационной модели развития. Под инновационным развитием понимается создание технологической среды, направленной на научно-исследовательскую деятельность, результаты которой могут быть коммерциализированы посредством прямого финансирования и формирования благоприятных условий: бюджетное и налоговое стимулирование, исключение административных барьеров, создание необходимых социально-экономических условий.

Важной частью инновационного развития является деятельность организаций инновационной инфраструктуры, которая способствует реализации научно-исследовательских проектов и технологических разработок, включающей следующие функции: управленческая, материально-техническая, финансовая, информационная, кадровая, консультационная и организационная. Примерами таких организаций могут выступать: инновационные технологические центры, кластеры, технопарки, малые инновационные предприятия, бизнес-инкубаторы и другие.

В основном инициатором создания организаций инновационной инфраструктуры выступает государство через предоставление мер, направленных на стимулирование технологической среды. Государство выделяет как прямое финансирование, так и налоговые льготы для создания и поддержки организаций, чья деятельность связана с исследованиями и разработками в различных отраслях экономики. Также государство внедряет регулятивные меры, такие как защита интеллектуальной собственности, упрощение процедур регистрации новых технологий, создание специальных правовых рамок для развития инноваций.

Из вышесказанного следует, что государственное вмешательство играет ключевую роль в создании инновационной инфраструктуры, однако существует потребность в определении эффективности расходования средств и форм поддержки данной сферы деятельности. В связи с этим государство должно обращать особое внимание на целесообразное распределение как финансовых средств, так и других мер поддержки при формировании инновационной инфраструктуры. Отсюда появляется потребность в соответствующем инструментарии, позволяющем оценить эффективность затраченных ресурсов с целью определения приоритетов развития и формирования инновационной политики государства в части стимулирования инновационной инфраструктуры.

Одним из способов оценки эффективности является применение методов математического моделирования, результаты которого повышают вероятность принятия взвешенных управленческих решений. Таким образом, основной целью данного исследования является разработка методического подхода оценки эффективности организаций инновационной инфраструктуры, позволяющего учитывать внутренние и внешние факторы влияния, которые являются неотъемлемой частью деятельности таких организаций.

Организации инновационной инфраструктуры

Распространенными элементами инновационной инфраструктуры на территории Российской Федерации являются кластеры, технопарки, малые инновационные предприятия, бизнес-инкубаторы и др. В широком смысле деятельность указанных организаций заключается в создании новых товаров и услуг, реализации научно-технических и (или) технологических проектов, поддержке инновационной деятельности, модернизации существующих объектов промышленного сектора. С целью выявления разницы между элементами рассмотрим наиболее практико-ориентированные.

Одним из наиболее масштабных является инновационный научно-технологический центр (ИНТЦ), представляющий собой совокупность организаций по осуществлению инновационного развития России, повышению инвестиционной привлекательности в области исследований и разработок, коммерциализации научно-технических проектов. Инициатива по созданию ИНТЦ появилась в результате федерального закона³. Согласно статье 3 настоящего закона, Правительство Российской Федерации устанавливает требования к предложениям о создании ИНЦТ, а также осуществляет имущественное и прочее обеспечение деятельности этого элемента.

Основным вектором кластерных образований на территории страны является Минпромторг России и Минэкономразвития России [1]. Согласно нормативно-правовой базе, под кластером понимается географически сосредоточенная группа компаний и других учреждений, деятельность которых тесно связана с определенной отраслью или специализацией. Целью создания кластера является увеличение конкурентоспособности и инновационной активности производства. Мониторингом деятельности кластеров занимается несколько организаций, к которым относятся Ассоциация кластеров, технопарков и ОЭЗ России, а также Российская кластерная обсерватория ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

Технопарки обычно представляют собой территорию сосредоточения технологических компаний, стартапов и прочих организаций. Такой тип инновационной инфраструктуры создан с целью инновационного развития определенной местности благодаря концентрации специалистов и компаний в области высоких технологий. Как правило, технопарк предоставляет инфраструктуру, оказывает услуги, а также содействует генерации наукоемкого бизнеса. Согласно атласу⁴ промышленности, созданному по инициативе Минпромторга России, на территории страны насчитывается порядка 112 технопарков на 2023 г.

Концепция технологического развития распространяется на детей и подростков с помощью создания специальных площадок, называемых кванториумы, где молодежи предлагаются обучающие программы в сфере цифровых технологий, робототехники, инженерии и в других междисциплинарных областях. Они созданы для развития талантов и навыков детей в сфере науки и технологий. Согласно portalu⁵ в научно-технологической инфраструктуре Российской Федерации на 2023 г. в стране зарегистрировано 130 объектов.

Следующим элементом инновационной инфраструктуры является индустриальный парк. В соответствии с ГОСТ Р 56301-2014 под индустриальным парком понимается управляемый комплекс объектов недвижимости (земельные участки, подсобные помещения), предназначенный для промышленного производства. По данным Государственной информационной системы промышленности (ГИСП⁶) на территории России насчитывается около 361 индустриального парка.

Бизнес-инкубатор представляет собой организацию, основной деятельностью которой является поддержка субъектов малого и среднего предпринимательства посредством предоставления офисного пространства, оказания различных услуг, проведения образовательных мероприятий. Образовательная активность зачастую сопровождается акселераторами, направленными на развитие проектов благодаря менторской и экспертной поддержке.

³ Федеральный закон от 29 июля 2017 г. № 216-ФЗ «Об инновационных научно-технологических центрах и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

⁴ Реестр технопарков России. – URL: https://gisp.gov.ru/gisip/reg_tech_parks.

⁵ Научно-технологическая инфраструктура Российской Федерации. – URL: <https://ckp-rf.ru>.

⁶ Государственная информационная система промышленности (ГИСП). – URL: <https://gisp.gov.ru/gisip>.

По данным Ассоциации акселераторов и бизнес-инкубаторов финансовая поддержка бизнес-инкубаторов осуществляется Минэкономразвития России и Минобрнауки России в размере 60 % от общего финансирования.

В связи с государственной программой⁷ Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» инициирован процесс создания инжиниринговых центров, деятельность которых связана с оказанием инжиниринговых, исследовательских, образовательных и прочих услуг. Согласно Некоммерческому партнерству «Международный центр инжиниринга и инноваций» по мониторингу инжиниринговых центров в России зарегистрировано примерно 52 объекта на 2023 г.

Другим элементом для рассмотрения является центр трансфера технологий (ЦТТ), широко распространенный и в России, и за рубежом. В соответствии с постановлением⁸ Правительства РФ от 16 июня 2021 г. были утверждены правила предоставления из федерального бюджета грантов в форме субсидий на оказание государственной поддержки создания и развития центров трансфера технологий, осуществляющих коммерциализацию результатов интеллектуальной деятельности научных организаций и образовательных организаций высшего образования.

Малое инновационное предприятие (МИП) – один из традиционных объектов инновационной инфраструктуры. МИП выступает обществом с ограниченной ответственностью, доля которого принадлежит научно-исследовательскому институту или университету. Деятельность МИП связана с практическим применением интеллектуальной собственности (изобретения, полезные модели, промышленные образцы). Согласно мониторингу Минобрнауки России, на территории страны было зарегистрировано порядка 19 субъектов на 2023 г.

С целью содействия развитию молодежного предпринимательства Минэкономразвития России приказом от 14.02.2018 № 67 утвердило требования к реализации мероприятий по созданию центров молодежного инновационного творчества. Деятельность ЦМИТ направлена на создание благоприятных условий для детей и молодежи в сфере малого и среднего бизнеса с целью реализации их карьерных возможностей в инновационной и предпринимательской областях с помощью информационной и материально-технической базы.

Еще одним элементом инновационной инфраструктуры является стартап-студия, которая регистрируется как хозяйственное общество с целью выявления и развития компетенций в области технологического предпринимательства у студентов и сотрудников образовательной организации. Правительство РФ⁹ 8 июля 2022 г. утвердило ряд правил по предоставлению субсидий Фонду инфраструктурных и образовательных программ для создания и поддержки стартап-студий на территории страны. Согласно стратегии развития, планируется создать примерно 50 объектов к 2030 г.

В результате анализа основных элементов инновационной инфраструктуры составим сводную таблицу, где по горизонтали отобразим информацию по функциональному назначению конкретного элемента в соответствии с вышеуказанным определением инноваци-

⁷ Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации “Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности”».

⁸ Постановление от 16 июня 2021 г. № 916 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета грантов в форме субсидий на оказание государственной поддержки создания и развития центров трансфера технологий...».

⁹ Постановление Правительства РФ от 8 июля 2022 года № 1225 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета ...».

онной инфраструктуры, по вертикали укажем исполнительные органы власти, поддерживающие организации инновационной инфраструктуры (рис. 1).

Помимо источников образования и финансирования рассмотренных элементов, обратим внимание на статистические исследования ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по вопросам затрат на инновационную деятельность [2]. Согласно статистическому сборнику «Индикаторы инновационной деятельности», на 2021 г. приходится примерно 577 463 млн руб. из федерального бюджета и 39 556 млн руб. из бюджета субъектов Российской Федерации на затраты, связанные с инновационной деятельностью, в том числе на развитие инновационной инфраструктуры.

	Финансовая	Материально-техническая	Кадровая	Консультационная	Имиджевая
Правительство РФ		Инновационный научно-технологический центр			
Минпромторг России Минэкономразвития России	Кластер				
Минпромторг России Минэкономразвития России	Технопарк				
Минпросвещения России		Кванториум			
Минпромторг России		Индустриальный парк			
Минобрнауки России Минэкономразвития России		Бизнес-инкубатор		Бизнес-инкубатор	
Минобрнауки России		Инжиниринговый центр		Инжиниринговый центр	
Правительство РФ		Центр коллективного пользования		Центр коллективного пользования	
Правительство РФ			Центр трансфера технологий		Центр трансфера технологий
Минобрнауки России		Малое инновационное предприятие			Малое инновационное предприятие
Минэкономразвития России		Центр молодежного инновационного творчества			
Правительство РФ	Университетская стартап-студия			Университетская стартап-студия	

Рис. 1. Организации инновационной инфраструктуры (авторские результаты)

В результате проделанного анализа можно резюмировать, что развитию инновационной инфраструктуры уделяется пристальное внимание со стороны государства, которое сопровождается предоставлением субсидий, грантов, иных финансовых и административных ресурсов из федерального и прочих бюджетов субъектов Российской Федерации. Для более рационального распределения существующих бюджетов в следующем разделе предлагается сформировать перечень показателей проанализированных организаций с целью их использования для оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры.

Показатели эффективности деятельности организаций

Большой экономический словарь А.Б. Борисова предлагает рассматривать эффективность как отношение результата к затраченным ресурсам. С точки зрения деятельности организаций инновационной инфраструктуры под эффективностью следует понимать отношение между достигнутым результатом (например, завершенная технологическая инновация) и затраченными ресурсами (например, финансирование инновационной деятельности).

В предыдущем исследовании авторов статьи был проведен анализ существующих показателей, которые используются для оценки эффективности деятельности организаций [3]. По результатам анализа было установлено, что показатели делятся на два типа: 1) индивидуальные показатели – могут оценивать эффективность как по одному, так и по нескольким направлениям деятельности организации; 2) интегральные показатели объединяют множества отдельных параметров / критериев для совокупной оценки. Другой особенностью интегральных показателей является применение разных подходов к их формированию. Также в результате анализа был составлен сводный перечень показателей эффективности в соответствии с функциональным назначением организации инновационной инфраструктуры (рис. 2).



Рис. 2. Перечень показателей оценки эффективности организаций инновационной инфраструктуры (авторские результаты)

Сформированный перечень показателей позволил установить, что при выборе метода оценки эффективности необходимо учитывать комплексность, т.е. характеристики, поддающиеся количественному и качественному описанию, а также возможность использования дополнительных способов с целью повышения объективности результатов. Ввиду этого было установлено, что наиболее подходящим способом из рассмотренных в ранней работе является применение теории нечетких множеств и нечеткой логики [4; 5], а также других методов, рассмотренных ниже.

Методический подход к оценке эффективности

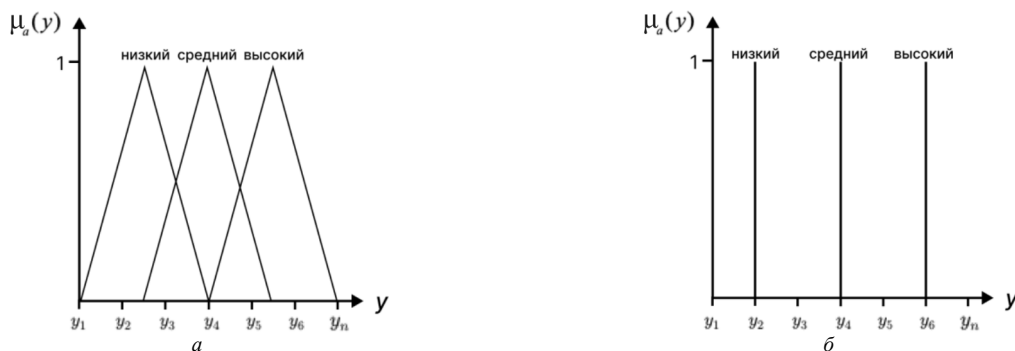
На основании показателей, приведенных на рис. 2, воспользуемся правилами нечеткой логики для формализации оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры. Первый этап нечеткой логики называется фаззификацией и записывается как:

$$A = y \in \mu_a(y), \quad (1)$$

где A – нечеткое множество; объекты (точки) y вместе образующие множество Y , т.е. $Y = \{y\}$; \in – принадлежность конкретного объекта (точки) универсальному множеству Y ; $\mu_a(y)$ – функция принадлежности, указывающая меру соответствия x нечеткому множеству A на интервале $[0, 1]$.

Формализация сопровождается построением измерительных шкал для показателей оценки с использованием алгоритмов нечеткого вывода. Наиболее распространенными алгоритмами являются Мамдани [6] и Сугено [7], разница между которыми видится в процессе дефаззификации [8]. Дефаззификация представляет собой преобразование нечеткого множества в число. С помощью алгоритма Мамдани это может быть диапазон чисел, в то время как Сугено используется для определения точного числа. Применение разных алгоритмов полезно в том

случае, когда есть количественные и качественные характеристики, где алгоритм Мамдани чаще используется для количественной информации, а алгоритм Сугено – для качественной.



$\mu_a(y)$ – лингвистическая переменная, y – универсальное множество

Рис. 3. Измерительные шкалы показателей оценки (авторские результаты):
 а – показатели: финансовые, материально-технические, консультационные;
 б – показатели: кадровые, имиджевые

Пусть для показателей типа финансовые, материально-технические, консультационные будет применим алгоритм Мамдани, а для показателей типа кадровые, имиджевые – алгоритм Сугено. Для определения терм-множеств воспользуемся словами «низкий», «средний», «высокий», указывающих на качественное описание показателя. Результат представлен на рис. 3.

Далее формируется база правил (табл. 1), подразумевающая сопоставление входных и выходных переменных через логические операции «и(или)». Входными переменными являются задействованные показатели, выходной результат оценки. Максимальное количество правил для 5 показателей является 125. Математическое описание базы правил посредством Мамдани выглядит как:

$$(\tilde{a}_1 = y_1 \theta \tilde{a}_n = y_n) \Rightarrow \tilde{d}_i, \tag{2.a}$$

где \tilde{a}_n – входная лингвистическая переменная, которая оценивается значением y_n ; θ – логическая операция (и); \Rightarrow – импликация (тогда); \tilde{d}_i – выходная лингвистическая переменная.

Таблица 1

База правил оценки (авторские результаты)

№ п/п	Финансовая		Материально-техническая		Кадровая	
	1	Низкий	y_1-y_4	Низкий	y_1-y_4	Низкий
2	Низкий	y_1-y_4	Низкий	y_1-y_4	Средний	y_3-y_5
3	Низкий	y_1-y_4	Средний	y_3-y_5	Низкий	y_1-y_4
4	Низкий	y_1-y_4	Средний	y_3-y_5	Средний	y_3-y_5
...
125	Высокий	y_4-y_n	Высокий	y_4-y_n	Высокий	y_4-y_n

№	Консультационная		Имиджевая		Оценка	
	1	Низкий	y_2	Низкий	Низкий	y_2
2	Низкий	y_2	Средний	Низкий	y_2	Средний
3	Средний	y_3-y_5	Средний	Средний	y_3-y_5	Средний
4	Средний	y_3-y_5	Средний	Средний	y_3-y_5	Средний
...
125	Высокий	y_6	Высокий	Высокий	y_6	Высокий

Средствами алгоритма Сугено:

$$(\tilde{a}_1 = y_1 \theta \tilde{a}_n = y_n) \Rightarrow d_i, \tag{2.6}$$

где \tilde{a}_n – входная лингвистическая переменная, которая оценивается значением y_n ; θ – логическая операция (и); \Rightarrow – импликация (тогда); d_i – выходная переменная.

Формализация заканчивается нахождением значения оценки по формуле

$$y_{ms} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^n d_i, \tag{3}$$

где y_{ms} – допустимое числовое значение итоговой оценки; индекс ms обозначает использование алгоритмов Мамдани, Сугено; n – кол-во показателей; d_i – выходные переменные i -х показателей, r – количество правил.

В результате использования теории нечетких множеств и нечеткой логики показан способ оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры, однако объективность полученных результатов можно уточнить расстановкой приоритетов задействованных переменных. Такая потребность связана с тем, что в классическом варианте данная теория не учитывает разницу между переменными, хотя на практике такой подход позволит повысить точность расчетов.

Расставить приоритеты используемым переменным с целью повышения объективности результатов оценки можно с помощью метода анализа иерархий, разработанного Т. Саати [9]. Данный метод помогает оценивать альтернативы в процессе принятия решений, учитывая различные показатели и определяя их относительную важность. При анализе иерархий участвуют эксперты, определяющие относительные веса на интервале от нуля до единицы, где величина веса указывает на значимость показателя. В контексте данного исследования основными показателями (переменными) являются: финансовые, материально-технические, кадровые, консультационные, имиджевые. Альтернативами оценки выступают мнения трех экспертов.

Анализ иерархии начинается с построения матрицы попарных сравнений переменных. В соответствии со шкалой рис. 3(a), числовые значения находятся в диапазоне от 1 до n , где 2 – низкий, 4 – средний, 6 – высокий. Матрица заполняется допустимыми значениями в указанном диапазоне. Далее анализируется составленная матрица, которая предусматривает нахождение суммы числовых значений каждого столбца по формуле (4). Результат отображается в табл. 2, где a_{ij} – отношение переменной i к переменной j .

$$S_j = a_{1j} + a_{2j} + \dots + a_{nj}, \tag{4}$$

где a_{ij} – числовое значение.

Таблица 2

Матрица попарных сравнений переменных (авторские результаты)

a_{ij}	Финансовая	Материально-техническая	Кадровая	Консультационная	Имиджевая
Финансовая	2	1	0,25	5	2
Материально-техническая	1	3	2	3	1
Кадровая	4	0,5	1	1	0,4
Консультационная	0,2	0,3	1	1	3
Имиджевая	0,5	1	2,5	0,3	2
Сумма	7,7	5,8	6,7	10,3	8,4

Следующим шагом является нормировка переменных:

$$A_{ij} = \frac{a_{ij}}{S_j}, \quad (5.a)$$

где S_j – сумма числовых значений переменных.

После находится среднее значение по каждой строке:

$$\bar{A}_i = \frac{1}{n} \sum i. \quad (5.б)$$

Результат нормирования представим в виде табл. 3.

Таблица 3

Нормировка переменных (авторские результаты)

A_{ij}	Финансовая	Материально-техническая	Кадровая	Консультационная	Имиджевая	Ср. зн.
Финансовая	0,26	0,17	0,04	0,48	0,24	0,24
Материально-техническая	0,13	0,51	0,3	0,29	0,12	0,27
Кадровая	0,52	0,09	0,15	0,1	0,05	0,18
Консультационная	0,03	0,06	0,15	0,1	0,36	0,14
Имиджевая	0,06	0,17	0,37	0,03	0,24	0,18

Таким образом, среднее значение каждой строки указывает на вес переменной согласно мнению одного эксперта. Далее следует определить альтернативные мнения оставшихся экспертов. Для этого необходимо повторить шаги по анализу иерархии и найти среднее значение в соответствии с каждым мнением. Усредненное значение находится как:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum e, \quad (6)$$

где e – эксперт.

Результат запишем в табл. 4.

Таблица 4

Расстановка приоритетов по альтернативам (авторские результаты)

Параметр	Финансовая	Материально-техническая	Кадровая	Консультационная	Имиджевая
Эксперт 1	0,24	0,27	0,18	0,14	0,18
Эксперт 2	0,18	0,27	0,17	0,23	0,13
Эксперт 3	0,3	0,22	0,11	0,2	0,16
Ср.зн.	0,24	0,26	0,15	0,19	0,16

С точки зрения поставленной цели по расстановки приоритетов переменным оценки наиболее весомой в контексте данного примера является «материально-техническая» переменная, далее «финансовая» и т.д. Тогда оценить эффективность деятельности организации инновационной инфраструктуры с учетом значимости переменных можно следующим образом:

$$y_{ms} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^n w_i d_i, \quad (7)$$

где w_i – весовой коэффициент для i -й переменной.

Из вышеизложенного следует, что совокупное применение теории нечетких множеств и метода анализа иерархий приводит к повышению объективности способа оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры. Однако повысить объективность полученных результатов можно и другим способом. Рассмотренные ранее переменные оценки базировались на внутренних показателях организации, т.е. на таких показателях, которые имеют непосредственное отношение к результативности организации. Но при использовании данных показателей не учитывались внешние факторы, которые могут оказывать воздействие как на отдельно взятые показатели, так и на деятельность организации в целом.

Во введении было определено, что деятельность организаций инновационной инфраструктуры имеет следующие функции: финансовая, материально-техническая, кадровая, консультационная, имиджевая. В качестве примера отметим, что под финансовой функцией в широком смысле понимается процесс планирования, управления и контроля денежными средствами и материальным имуществом организации. Как на эту, так и на другие функции могут оказывать воздействие следующие факторы: законодательное регулирование, нормативно-правовые требования, социально-экономическое положение и др. В реальных условиях такое воздействие может сопровождаться сразу несколькими факторами. Для выявления потенциальных факторов влияния обратимся к статистическому сборнику «Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022» [10].

В сборнике публикуются статистические данные о социально-экономическом положении субъектов Российской Федерации, в том числе о состоянии и уровне развития научного и инновационного потенциала. Ввиду этого обратим внимание на такие показатели, которые могут оказывать воздействие на определенную функцию организации. Например, показатель «Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками» может рассматриваться как внешний фактор, который влияет на кадровую функцию организации.

В предыдущем исследовании [8] были рассмотрены способы изучения статистической информации, одним из которых является анализ временных рядов. Данный подход моделирования используется для исследования изменений во времени и прогнозирования будущих значений на основе ретроспективных данных. Для учета внешних факторов влияния с целью повышения объективности результатов оценки воспользуемся математическим инструментарием временных рядов [11].

Анализ временного ряда статистических данных начинается с нахождения среднего значения:

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i, \quad (8.a)$$

где Σ – сумма числовых значений, n – количество переменных.

Полученное значение используется для нормирования показателя в определенный период времени:

$$k_i = \frac{x_i}{x}, \quad (8.б)$$

где x_i – нормированное значение в конкретное время.

Таким образом, значение показателя k_i можно использовать в качестве внешнего фактора влияния следующим образом:

$$Y = y_{ms} k_i. \quad (9)$$

Также анализ временных рядов может быть использован для прогнозирования значений факторов влияния. Распространенным способом построения трендов является анализ скользящей средней. Насчитывается порядка трех основных скользящих, к которым относятся: простая (SMA), взвешенная (WMA), экспоненциальная (EMA). В данном исследовании воспользуемся SMA по причине отсутствия весовых коэффициентов или прочих дополнительных параметров у факторов. Простая скользящая средняя имеет вид:

$$SMA_t = \frac{x_{t-2} + x_{t-1} + x_t}{k}, \tag{10}$$

где SMA_t – значение простой скользящей средней в точке t ; k – длина скользящего окна; x_{t-2} – значение в точке $t-2$; x_{t-1} – значение в точке $t-1$; x_t – значение в точке t .

Следовательно, прогнозное значение x_{t+1} можно найти как:

$$x_{t+1} = MA_t + \frac{1}{k}(x_t - x_{t-1}), \tag{11}$$

где MA_t – среднее значение в точке t ; k – длина скользящего окна; x_t – значение в точке t ; x_{t-1} – значение в точке $t-1$.

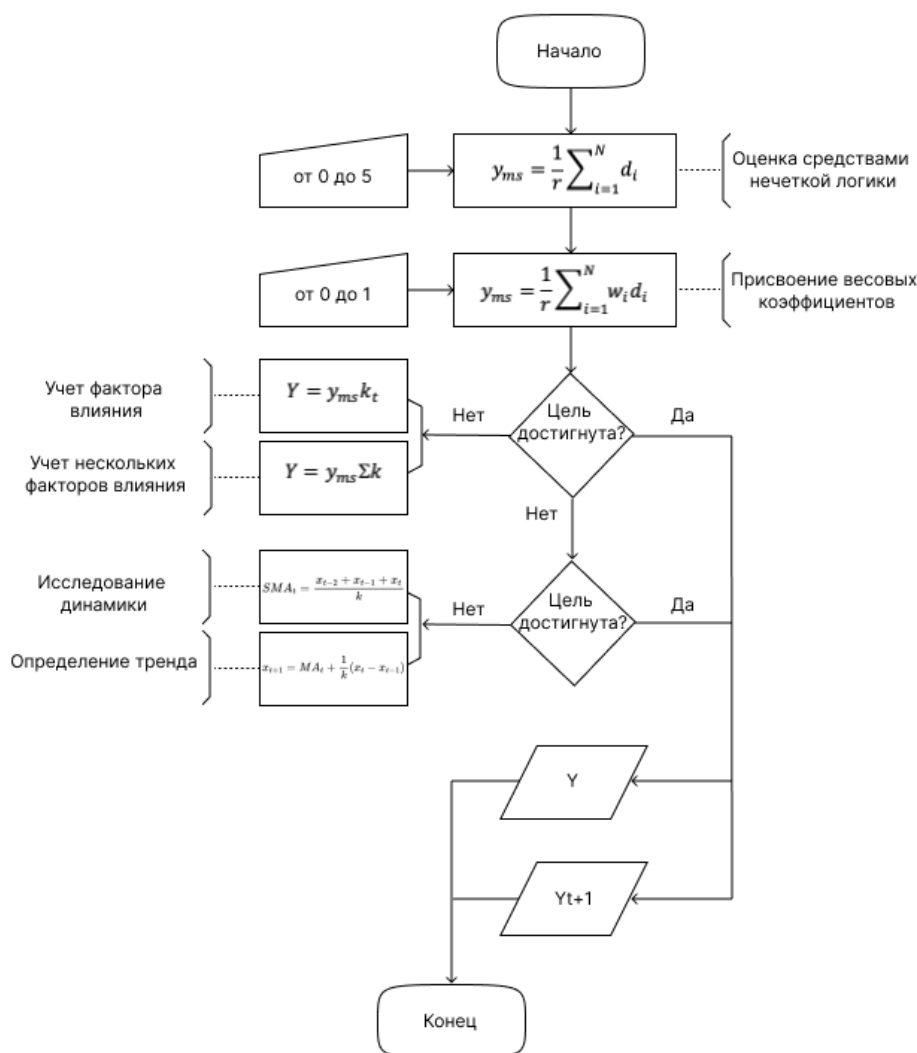


Рис. 4. Методика оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры (авторские результаты)

Исходя из описанных предложений по учету внешних факторов влияния, можно заключить, что анализ временных рядов следует рассматривать как дополнительный способ повышения объективности результатов оценки. Таким образом, совокупное применение теории нечетких множеств, метода анализа иерархий, анализа временных рядов в контексте разработки методического подхода оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры можно представить в виде блок-схемы (рис. 4), составленной в соответствии с ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85).

В качестве практической реализации воспользуемся методикой для оценки одного из ранее рассмотренных элементов инновационной инфраструктуры.

Пример использования методического подхода

Одним из наиболее масштабных и стратегически важных типов организаций на территории России является инновационный научно-технологический центр (ранее ИНТЦ), который представляет собой совокупность элементов, направленных на осуществление научно-технологической деятельности. Сегодня насчитывается порядка трех действующих ИНТЦ по нескольким научно-технологическим направлениям. ИНТЦ «Русский» является одним из существующих, который рассмотрим в качестве объекта оценки. Ввиду этого воспользуемся предложенной методикой в несколько этапов.

1. *Построение измерительных шкал.* Учитывая, что ИНТЦ включает три функции (материально-техническая, кадровая и консультационная), составим измерительные шкалы согласно специфике рассматриваемого элемента (рис. 5).

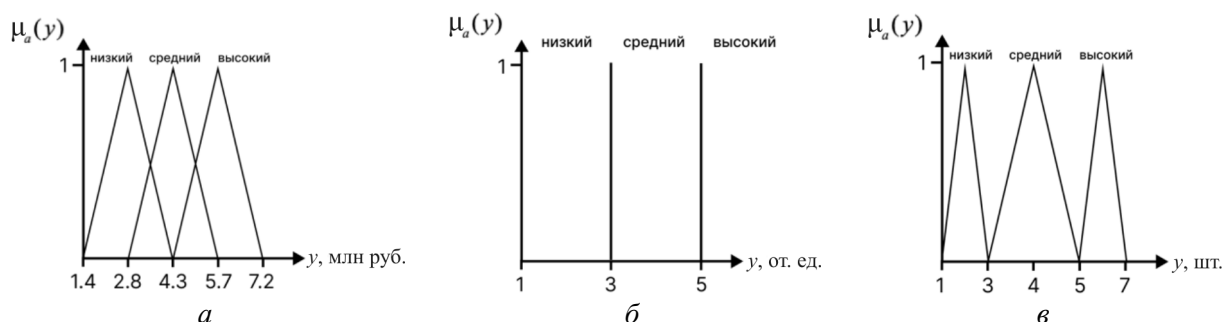


Рис. 5. Измерительные шкалы для оценки ИНТЦ «Русский» (составлено авторами на основании нормативно-правовой базы [12]): а – материально-техническая (применение новых технологий); б – кадровая (обучение и развитие персонала); в – консультационная (появление инновационных товаров, работ и услуг)

2. *Формирование базы правил.* Данный этап предусматривает сопоставление лингвистических переменных с числовыми значениями. Воспользуемся составленными измерительными шкалами и заполним табл. 5 в соответствии с математической формализацией (2.а) и (2.б).

Таблица 5

Сопоставление переменных оценки (авторские результаты)

№	Материально-техническая (основные и оборотные материалы активов)		Кадровая (прирост производительности труда)		Консультационная (появление инновационных товаров, работ и услуг)		Оценка ИНТЦ «Русский»	
	Категория	Значение	Категория	Значение	Категория	Значение	Категория	Значение
1	Средний	4.3	Высокий	5	Высокий	6	Высокий	4

Учитывая данные годовой бухгалтерской отчетности Фонда развития ИНТЦ «Русский» за 2022 г. [12], на основании которых были построены измерительные шкалы, результат оценки в количественном выражении благодаря формуле (3) равен 4, что соответствует уровню «высокий».

3. *Определение веса показателя.* В соответствии с направлением деятельности ИНТЦ «Русский», его нормативно-правовой базой и предложенным способом расстановки приоритетов после применения формулы (7) оценка равна **2,95**. Весовые коэффициенты для переменных приняли следующие значения: «Материально-техническая» – 0,5. «Кадровая» – 0,3. «Консультационная» – 0,2.

4. *Учет факторов влияния.* На основании статистической информации по Дальневосточному федеральному округу России [10] определим для каждой переменной внешний фактор влияния, используя формулы (8.а) и (8.б), запишем результат в табл. 6.

Таблица 6

Нормированные показатели факторов влияния (авторские результаты)

Переменная	Фактор влияния	Ед. измерения	Год						k
			2005	2010	2015	2019	2020	2021	
Материально-техническая	Использование передовых производственных технологий	Условные значения	6320	6978	9195	9718	8865	9344	1,1
Кадровая	Численность персонала, занятого научными исследования и разработками	Чел.	16 087	14 050	15 445	13 885	13 915	13 387	0,9
Консультационная	Объем инновационных товаров, работ, услуг	Млн руб.	–	16 763,2	153 278,7	138 966,5	153 005,1	137 952,8	1,1

С учетом нескольких факторов влияния результат оценки рассчитывается по формуле (9), где Y равен **3,8**.

5. *Прогнозирование значений факторов влияния.* На основании предыдущего этапа и предложенного способа прогнозирования воспользуемся формулами (10), (11) и построим тренд для каждого фактора.

Таблица 7

Прогнозные значения факторов влияния (авторские результаты)

Фактор влияния	Ед. измерения	Год						x _{t+1}
		2005	2010	2015	2019	2020	2021	
Использование передовых производственных технологий	Условные значения	6320	6978	9195	9718	8865	9344	1,09
Численность персонала, занятого научными исследования и разработками	Чел.	16 087	14 050	15 445	13 885	13 915	13 387	0,9
Объем инновационных товаров, работ, услуг	Млн руб.	–	16 763,2	153 278,7	138 966,5	153 005,1	137 952,8	1,1

Результат анализа скользящих средних позволяет найти общий тренд по формуле

$$k_{t+1} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_{t+1}. \tag{12}$$

После подстановки значений общий тренд является восходящим, что свидетельствует о положительном воздействии идентифицируемых факторов на деятельность ИНТЦ «Русский». Таким образом, результат оценки имеет две интерпретации: 1) количественное значение 3,8 говорит о том, что эффективность деятельности ИНТЦ «Русский» на сегодняшний день находится между средним и высоким уровнем; 2) учитывая положительную тен-

денцию факторов влияния, предполагается, что эффективность деятельности ИНТЦ «Русский» будет постепенно возрастать.

Заключение

Как было показано в работе, деятельность организаций инновационной инфраструктуры является неотъемлемой частью инновационного развития. Основным вектором поддержки инновационной инфраструктуры является государство, стимулирующие создание организаций через финансовые инструменты и другие правовые меры. В связи с этим существует потребность по целесообразному распределению предусмотренных на это ресурсов. Отсюда авторами данного исследования была предложена методика, которая рассматривается как действенный способ комплексной оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры, учитывающий количественные и качественные характеристики, весовые коэффициенты и факторы влияния, а также тенденции изменения эффективности задействованных показателей. Данная методика может быть использована органами государственной власти как для выработки рекомендаций по повышению эффективности уже действующих организаций, так и для создания новых элементов инновационной инфраструктуры. В заключение стоит отметить, что математическая формализация данной методики не ограничивается затронутой областью применения, это указывает на возможность ее использования для других объектов исследования.

Список литературы

1. Соловьев, Д.Б. Использование алгоритмов нечеткого вывода для предварительной оценки участников при кластерном подходе / Д.Б. Соловьев, С.С. Кузора, А.Е. Меркушева // *Инновации*. – 2018. – № 5(235). – С. 77–81.
2. Индикаторы инновационной деятельности: 2023: статистический сборник / В.В. Власова, Л.М. Гохберг, Г.А. Грачева [и др.] // *Нац. исслед. ун-т И60 «Высшая школа экономики»*. – М.: НИУВШЭ, 2023. – 292 с.
3. Кузора, С.С. Использование методов математического моделирования для оценки эффективности деятельности организаций инновационной инфраструктуры / С.С. Кузора, Е.Б. Олейник // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*. – 2023. – № 4(72). – С. 44–53.
4. Zadeh, L.A. Fuzzy sets / L.A. Zadeh // *Information and Control*. – 1965. – No. 8. – P. 338–353.
5. Zadeh, L.A. Fuzzy logic / L.A. Zadeh // *IEEE Transactions on Computers*. – 1988. – No. 4. – P. 83–93.
6. Mamdani, E. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller / E. Mamdani, S. Assilian // *Int. J. Man Mach. Stud.* – 1975. – No. 7. – P. 1–13.
7. Takagi, T. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. – 1985. – Vol. 15. – P. 116–132.
8. Соловьев, Д.Б. Методика оценки инновационной деятельности посредством гибких алгоритмов / Д.Б. Соловьев, С.С. Кузора // *Инновации*. – 2019. – № 6(248). – С. 11–20.
9. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь. – 1993. – 278 с.
10. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022: P32 Стат. сб. / Росстат. – М., 2022. – 1122 с.

11. Кузора, С.С. Исследование динамики факторов влияния на эффективность организаций инновационной инфраструктуры / С.С. Кузора // Вычислительные технологии и прикладная математика: материалы II Международного семинара, Благовещенск, 12–16 июня 2023 года / отв. ред. А.Г. Масловская. Благовещенск: Амурский государственный университет, 2023. – С. 115–117.

12. Нормативно-правовая база ИНТЦ «Русский» [Электронный ресурс] / Инновационный научно-технологический центр «Русский». – URL: https://iostrov.ru/ru/overview/#about__documents (дата обращения: 01.02.2024).

References

1. Solovev D.B., Kuzora S.S., Merkusheva A.E. Ispol'zovanie algoritmov nechetkogo vyvoda dlia predvaritel'noi otsenki uchastnikov pri klasternom podkhode [Use of fuzzy inference algorithms for preliminary evaluation of participants in cluster approach]. *Innovatsii*, 2018, no. 5(235). pp. 77-81.

2. Vlasova, V.V. Gokhberg, L.M. Gracheva G.A. etc. Indikatory innovatsionnoi deiatel'nosti: 2023 : statisticheskii sbornik [Indicators of innovation activity: 2023 : statistical compendium]. *Nats. issled. un-t I60 «Vysshiaia shkola ekonomiki»*. M.: NIUVShE, 2023, pp. 292.

3. Kuzora S.S., Oleinik E.B. Ispol'zovanie metodov matematicheskogo modelirovaniia dlia otsenki effektivnosti deiatel'nosti organizatsii innovatsionnoi infrastruktury [The use of mathematical modeling methods for assessing the effectiveness of innovation infrastructure organizations]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial'nye nauki*, 2023, no. 4(72), pp. 44-53.

4. Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*. 1965, no 8, pp. 338-353.

5. Zadeh L.A. Fuzzy logic. *IEEE Transactions on Computers*. 1988, no. 4, pp. 83-93.

6. Mamdani E. and Assilian S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *Int. J. Man Mach. Stud.* 1975, no. 7, pp. 1-13.

7. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 1985, vol. 15, pp. 116-132.

8. Solovev D.B., Kuzora S.S. Metodika otsenki innovatsionnoi deiatel'nosti posredstvom gibkikh algoritmov [Methodology for assessing innovation activity through flexible algorithms]. *Innovatsii*, 2019, no. 6(248), pp. 11-20.

9. Saaty T. Priniatie reshenii. Metod analiza ierarkhii [Decision Making. The method of hierarchy analysis]. M.: Radio i sviaz'. 1993, P. 278.

10. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2022: R32 Stat. sb. / Rosstat. M. 2022, P. 1122.

11. Kuzora S.S. Issledovanie dinamiki faktorov vliianiia na effektivnost' organizatsii innovatsionnoi infrastruktury [Study of the dynamics of factors influencing the efficiency of innovation infrastructure organizations]. *Vychislitel'nye tekhnologii i prikladnaia matematika: Materialy II Mezhdunarodnogo seminara*, Blagoveshchensk, 12–16 iunია 2023 goda / Otv. Redactor A.G. Maslovskaiia. Blagoveshchensk: Amurskii gosudarstvennyi universitet. 2023, pp. 115-117.

12. Normativno-pravovaia baza INTTs «Russkii» [Regulatory and legal base of INTC "Russkii"]. Available at: https://iostrov.ru/ru/overview/#about__documents (Accessed 01 February 2024).