

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2304-022X-2025-15-1-105-121
УДК 001.895:378:334(045)
JEL O32, I23, D83

Интегральная оценка результативности межорганизационных инноваций с применением метода нечетких множеств

А.А. Иващенко

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

В сложившихся экономических условиях сложно представить эффективное осуществление деятельности высших учебных заведений без сотрудничества с организациями реального сектора экономики, в особенности если речь заходит о генерации инноваций. Лица, принимающие решения о развитии академического индустриального партнерства, нуждаются в современных методах определения потенциальной эффективности такого рода взаимодействия. **Целью** исследования является разработка нечетко-множественной модели интегральной свертки для оценки результативности межорганизационных инноваций. Ее достижению способствовали следующие решения, содержащие элементы научной новизны: составление иерархической структуры интегральных показателей результативности межорганизационных инноваций; подбор компонент с оценкой уровня их значимости с применением весов Фишберна; формирование базы фазсификации для приведения четких чисел в нечеткие; предложение системы расчета степени принадлежности ненормированных значений компонент сформированным терм-множествам значений; предложение формулы расчета точек пересечения для показателей неинверсивного характера. Результаты проведенного исследования имеют прикладное значение и могут быть использованы как высшими учебными заведениями, так и организациями реального сектора экономики для предварительной оценки эффективности межорганизационного взаимодействия с целью генерации инноваций. В дальнейшем научная деятельность автора статьи в этой области будет направлена на апробацию разработанной модели, ее совершенствование и развитие в части систематизации и алгоритмизации результатов для эффективного использования при управлении межорганизационными инновациями.

Ключевые слова: межорганизационные инновации; метод нечетких множеств; интегральная оценка; результативность инноваций; управление инновациями; высшие учебные заведения; реальный сектор экономики; академическое индустриальное партнерство

Для цитирования: Иващенко А.А. Интегральная оценка результативности межорганизационных инноваций с применением метода нечетких множеств. *Управленческие науки = Management Sciences*. 2025;15(1):105-121. DOI: 10.26794/2304-022X-2025-15-1-105-121

ORIGINAL PAPER

The Integral Assessment of Interorganizational Innovation Effectiveness Using Fuzzy Sets Method

A.A. Ivashchenko

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

In the current economic environment, the effective operation of higher education institutions is difficult to imagine without collaboration with organizations from the real sector of the economy, particularly in the context of innovation generation. Decision-makers responsible for the development of academic-industrial partnerships require modern methods to assess the potential effectiveness of such interactions. This study aims to develop a fuzzy-set-based integral aggregation model for evaluating the effectiveness of interorganizational innovations. The research

© Иващенко А.А., 2025

contributes to scientific novelty through the following key solutions: the development of a hierarchical structure of integral indicators for assessing interorganizational innovation effectiveness; the selection of components and the evaluation of their significance using Fishburne's weighting method; the creation of a fuzzification database to transform precise numerical values into fuzzy sets; the construction of an equation system to quantify non-standardized components values to term sets membership degree and the formulation of a calculation method for intersection points of non-inversive indicators.

The results of the conducted research has practical value and are possible to be used by both academic institutions and organizations in the real sector of economy for a preliminary assessment of interorganizational collaboration effectiveness in innovation generation. Future research by the author in this field will be aimed at testing the developed model refining it, and further systematizing and algorithmizing the results for efficient use in interorganizational innovation management.

Keywords: interorganizational innovations; fuzzy sets method; integral assessment; innovation effectiveness; innovation management; academic institutions; real sector economy; academic industrial partnership

For citation: Ivashchenko A.A. The integral assessment of interorganizational innovation effectiveness using fuzzy sets method. *Upravlencheskie nauki = Management Sciences*. 2025;15(1):105-121. DOI: 10.26794/2304-022X-2025-15-1-105-121

ВВЕДЕНИЕ

Терминологические результаты, полученные автором настоящей статьи ранее [1], говорят о том, что межорганизационные инновации возникают в случае согласованности целей реального сектора экономики и высших учебных заведений (вузов). В соответствии с приоритетными направлениями развития российской экономики и, в частности, стратегиями в области цифровой трансформации, разработанными органами государственной власти Российской Федерации¹, множество проблем научно-образовательного сектора связано с отсутствием ряда инновационных цифровых сервисов, платформ и инструментов. По этой причине современная отечественная система науки и образования сталкивается с вызовами повышения уровня цифровизации и обеспечения роста уровня цифровой зрелости. Перед реальным сектором российской экономики, в свою очередь, стоит проблема создания условий как для роста инвестиций в разработку инновационных технологий, так и повышения уровня кооперации между организациями. Задачи, связанные с упомянутыми вызовами, позволяет решить академическое индустриальное партнерство этих экономических сегментов на базе генерации инноваций. Однако при таком взаимодействии неизбежно возникает необходимость оценки не только результативности внедрения нововведений в деятельность вуза и организации реального сектора экономики по-отдельности, но и полученного синергетического эффекта.

¹ Стратегии цифровой трансформации. Минцифры России. 2024. URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1064/> (дата обращения: 10.01.2025).

Рассогласованность ожиданий результатов от подобного взаимодействия сигнализирует о наличии неопределенности которая является одним из наиболее значимых факторов процесса управления межорганизационными инновациями [2, 3], для успешности которого требуется как качественное планирование, так и наличие согласованности между экономическими агентами в контексте достижения поставленных коммерческих и некоммерческих целей.

Следовательно, при оценке результативности межорганизационных инноваций необходим учет фактора неопределенности, снижению которого способствует теория нечетких множеств. Использование именно нечеткого инструментария наиболее перспективно в том числе по причине присутствия в нем системы, объединяющей специфические компоненты, не поддающиеся четкой формализации, и компоненты, имеющие разные размерности [4–6].

Таким образом, в качестве эффективного инструмента управления межорганизационными инновациями может быть применена нечеткая логика, вытекающая из теории нечетких множеств, впервые предложенной Л. Заде в 1965 г. [7]. Необходимость создания системы компонент оценки результативности межорганизационных инноваций позволяет отойти от классической булевой теории множеств и бинарной булевой логики и отдать предпочтение расширенной, нечеткой логике. Последняя в рамках разработанной аксиоматической системы обеспечивает возможность дать характеристику нечетким категориям, связанным с промежуточными и интегральными показателями, вследствие чего обобщенное множественное представление

интегрального показателя, впервые описанного в [8], преобразуется в формулу (1):

$$Int_{\mu} = \left\{ \begin{array}{l} y_{\mu}^1 = \{x_t^{11}, x_t^{12}, \dots, x_t^{1j_1}\} \\ y_{\mu}^2 = \{x_t^{21}, x_t^{22}, \dots, x_t^{2j_2}\} \\ y_{\mu}^3 = \{x_t^{31}, x_t^{32}, \dots, x_t^{3j_3}\} \\ \dots \\ y_{\mu}^i = \{x_t^{i1}, x_t^{i2}, \dots, x_t^{ij_n}\} \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где: Int_{μ} — интегральный показатель, рассчитываемый с применением нечеткой логики;

y_{μ}^i — промежуточные показатели i , использующиеся для определения интегрального показателя;

$x_{\mu}^{ij_n}$ — небинарные элементы j , n -множество которых определяет промежуточные показатели y_{μ}^i .

Int_{μ} является универсальным множеством, включающим в себя подмножества y_{μ}^i , состоящие из небинарных элементов $x_{\mu}^{ij_n}$.

Интегральные показатели в большинстве своем содержат иерархическую систему компонент. В связи с этим возникает необходимость использовать либо специфические нечеткие инструменты, предназначенные для работы с системами иерархического разделения, либо такую методику нечеткого вывода, которая позволит с наименьшей эффективностью преобразовывать небинарные элементы и промежуточные показатели в интегральные показатели результативности межорганизационных инноваций.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном исследовании используются следующие обозначения интегральных показателей и их составляющих:

1. Интегральные показатели

Int_S — индекс синергии результата. Демонстрирует потенциальную синергию результата межорганизационного взаимодействия в зависимости от внешних условий (созданных для генерации инноваций) и степени их использования вузом как основной движущей силы инновационной деятельности.

Int_U — интегральный показатель результативности межорганизационных инноваций для высшего учебного заведения. Показывает их потенциальную результативность с позиции вуза в зависимости

от его ресурсной базы и соответствия результатов инновационной деятельности запросам сложившейся экономической конъюнктуры.

Int_B — интегральный показатель результативности инноваций для реального сектора экономики. Отражает потенциальную результативность межорганизационных инноваций с позиции организации реального сектора экономики с учетом финансовых возможностей последней и результатов ее научно-инновационной деятельности.

2. Промежуточные показатели

K — буквенное обозначение промежуточного показателя.

A — интенсивность развития решений актуального технологического уклада.

B — уровень исследовательской интеграции высшего учебного заведения.

V — уровень соответствия результатов.

Γ — уровень ресурсного обеспечения.

3. Компоненты внутри промежуточных и интегральных показателей

Ki — буквенно-цифровое обозначение компоненты.

Ai — компоненты промежуточного показателя A , $i \in [1; 12]$.

Bi — компоненты промежуточного показателя B , $i \in [1; 7]$.

Vi — компоненты промежуточного показателя V , $i \in [1; 5]$.

Γi — компоненты промежуточного показателя Γ , $i \in [1; 2]$.

Di — компоненты интегрального показателя Int_B , $i \in [1; 4]$.

Для структуры интегральных показателей с наличием иерархий наиболее подходящим является нечеткий матричный метод интегральной свертки, разработанный А. О. Недосекиным и О. Б. Максимовым [9, 10]. С опорой на упомянутую методику сформулированы шаги, последовательное выполнение которых позволит осуществлять оценку всех предложенных интегральных показателей:

Шаг 1 — составление иерархической структуры интегральных показателей.

Шаг 2 — определение функций принадлежности для каждого оцениваемого интегрального показателя и связанных с ними промежуточных показателей.

Шаг 3 — выведение лингвистических переменных, формирование терм-множеств их значений и шкал нечетких значений для проведения экспертной оценки.

Шаг 4 — определение набора компонент для каждого интегрального показателя.

Шаг 5 — оценка уровня значимости компонент из получившегося набора.

Шаг 6 — составление базы фаззификации.

Шаг 7 — проведение фаззификации на ее основе.

Шаг 8 — проведение дефаззификации промежуточных и интегральных показателей.

Шаг 9 — осуществление лингвистической идентификации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На *рис. 1* представлена разработанная автором иерархическая структура интегральных показателей, включающая промежуточные показатели, используемые при интегральной свертке, и их компоненты.

Среди большого многообразия функций принадлежности [11, 12] для всех компонент и промежуточных показателей предлагается использовать трапециевидные функции (*рис. 2*). Для этого существует две причины: во-первых, их устоявшаяся надежность (ввиду частого использования исследователями в сравнении с большинством других

функций принадлежности) и, во-вторых, рекомендация научной школы А. О. Недосекина использовать именно данные функции при применении матричного метода интегральной свертки [13].

Данная совокупность трапециевидных функций с терм-множествами значений лингвистических переменных в рамках настоящего исследования является универсальной и используется при оценке трех интегральных и всех промежуточных показателей, а также их компонент.

Далее согласно избранной методике необходимо составить шкалы нечетких значений, а также обозначить величины всех лингвистических переменных с формированием терм-множеств значений для каждой из них (*табл. 1*).

Для каждой переменной представлена характеристика и приведено соотношение с терм-множествами значений, которые, в свою очередь, базируются на соответствующих им шкалах нечетких значений.

Вследствие принятия универсальности изображенной на *рис. 2* совокупности функций принадлежности шкалы нечетких значений состоят из трапециевидных чисел, обобщенно обозначенных как a_1, a_2, b_1, b_2 , где a_1 и b_2 являются абсциссами вершин

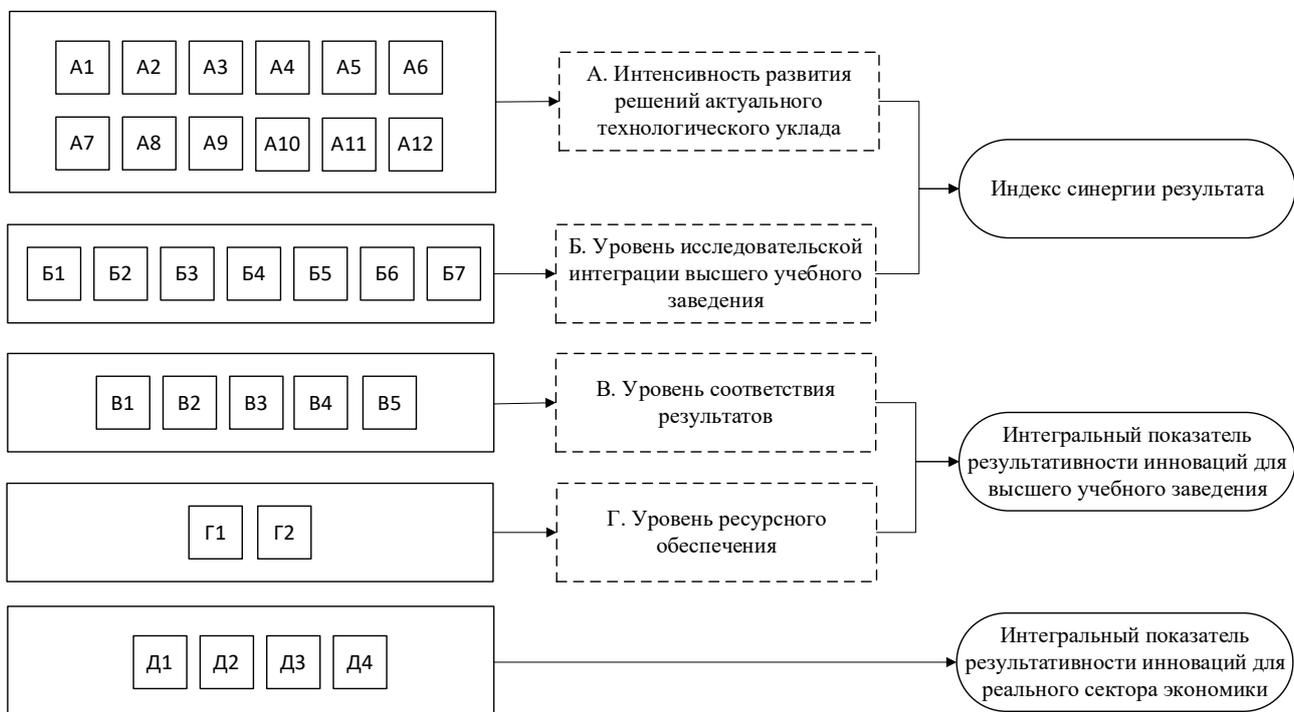


Рис. 1 / Fig. 1. Иерархическая структура интегральных показателей результативности межорганизационных инноваций / The hierarchical structure of integrated indexes of the interorganizational innovation effectiveness

Источник / Source: разработано автором / compiled by the author.

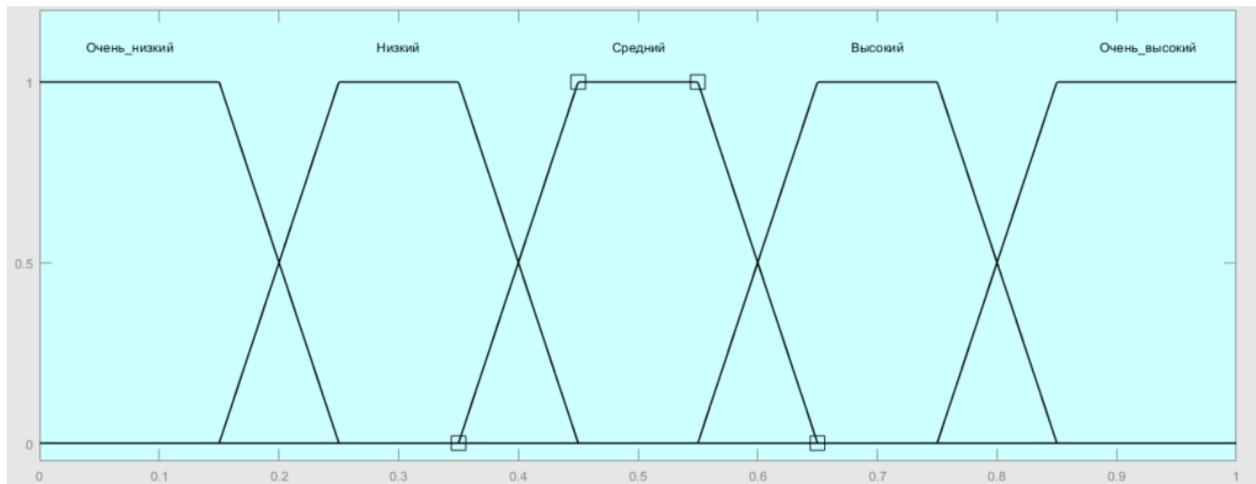


Рис. 2 / Fig. 2. Совокупность трапецевидных функций принадлежности с терм-множествами значений лингвистических переменных / The combination of trapezoidal membership functions with the term sets for the linguistic variables

Источник / Source: разработано автором при помощи пакета прикладных программ MATLAB с расширением Fuzzy Logic Toolbox / developed by the author using the MATLAB application package with the Fuzzy Logic Toolbox extension.

Таблица 1 / Table 1

Характеристики, терм-множества и шкалы лингвистических переменных / The descriptions, the term sets and the scales for the linguistic variables

Обозначение показателя / Indicator designation	Характеристика лингвистической переменной / Characteristic of linguistic variable	Оценка терм-множества / Estimation of term set	Шкалы трапецевидных чисел / Trapezoidal number scales
Лингвистическая переменная «Синергия результата»			
<i>Int_s</i>	Эффект синергии отсутствует, либо его влияние минимально ввиду низкого уровня исследовательской интеграции вуза и слабого развития решений касательно актуального технологического уклада. Эффективность генерации инноваций зависит исключительно от научно-исследовательской базы организации реального сектора экономики	Очень низкий	(0; 0; 0,15; 0,25)
	Влияние эффекта синергии минимально ввиду низкого уровня исследовательской интеграции вуза и слабого развития решений касательно актуального технологического уклада. Эффективность генерации инноваций практически полностью зависит от научно-исследовательской базы организации реального сектора экономики	Низкий	(0,15; 0,25; 0,35; 0,45)
	Среднее значение эффекта синергии, обусловленное скорее нейтральным влиянием внешней среды и уровнем исследовательской интеграции вуза, либо высоким разбросом значений терм-множеств промежуточных показателей	Средний	(0,35; 0,45; 0,55; 0,65)
	Эффект синергии оказывает положительное влияние благодаря достаточно интенсивному развитию решений касательно актуального технологического уклада и исследовательской интеграции вуза	Высокий	(0,55; 0,65; 0,75; 0,85)
	Эффект синергии оказывает очень сильное влияние на результативность инноваций благодаря высокоинтенсивному развитию решений касательно актуального технологического уклада и полной (или практически полной) исследовательской интеграции вуза	Очень высокий	(0,75; 0,85; 1; 1)

Продолжение таблицы 1 / Table 1 (continued)

Обозначение показателя / Indicator designation	Характеристика лингвистической переменной / Characteristic of linguistic variable	Оценка термножества / Estimation of term set	Шкалы трапециевидных чисел / Trapezoidal number scales
Лингвистическая переменная «Интенсивность развития решений актуального технологического уклада»			
А	Решения касательно актуального технологического уклада не принимаются либо принимаются чрезвычайно медленно. Внешние условия для генерации инноваций минимальны или не созданы	Очень низкий	(0; 0; 0,15; 0,25)
	Низкая интенсивность принятия решений касательно актуального технологического уклада. Благоприятность внешних условий для генерации инноваций ниже среднего	Низкий	(0,15; 0,25; 0,35; 0,45)
	Интенсивность принятия решений касательно актуального технологического уклада находится на среднем уровне. Ощутимая часть экономических агентов внедряет новые цифровые технологии с целью активизации инновационной деятельности	Средний	(0,35; 0,45; 0,55; 0,65)
	Высокая интенсивность принятия решений касательно актуального технологического уклада. Цифровая инновационная среда способствует генерации инноваций в пределах своего контура	Высокий	(0,55; 0,65; 0,75; 0,85)
	Развитие актуального технологического уклада характеризуется очень высокой или максимально возможной интенсивностью. Цифровая инновационная среда оказывает значительное содействие генерации инноваций в пределах своего контура	Очень высокий	(0,75; 0,85; 1; 1)
Лингвистическая переменная «Уровень исследовательской интеграции высшего учебного заведения»			
Б	Вуз не интегрирован или слабо интегрирован в цифровую инновационную среду и практически не использует сложившиеся внешние условия для генерации инноваций. Потенциальная синергия результата не может быть выше средней даже при благоприятных внешних условиях. Эффективность генерации инноваций в данной ситуации во многом зависит от организации реального сектора экономики	Очень низкий	(0; 0; 0,15; 0,25)
	Низкая степень исследовательской интеграции вуза. Он не использует все возможности внешнего контура, что говорит либо о низкой заинтересованности вуза в генерации инноваций, либо о нахождении на начальных этапах интеграции в цифровую инновационную среду	Низкий	(0,15; 0,25; 0,35; 0,45)
	Степень интеграции вуза в цифровую инновационную среду достаточна для успешной генерации инноваций в результате межорганизационного взаимодействия при условии должного содействия организации реального сектора экономики	Средний	(0,35; 0,45; 0,55; 0,65)
	Высокая степень исследовательской интеграции вуза в цифровую инновационную среду. Эффект синергии может быть крайне высоким при достойном уровне развития инновационной деятельности организации реального сектора экономики	Высокий	(0,55; 0,65; 0,75; 0,85)
	Вуз полностью (или практически полностью) интегрирован в цифровую инновационную среду. Потенциальная синергия результата может быть очень высокой при условии схожей характеристики интенсивности принятия решений касательно актуального технологического уклада	Очень высокий	(0,75; 0,85; 1; 1)

Продолжение таблицы 1 / Table 1 (continued)

Обозначение показателя / Indicator designation	Характеристика лингвистической переменной / Characteristic of linguistic variable	Оценка термножества / Estimation of term set	Шкалы трапециевидных чисел / Trapezoidal number scales
Лингвистическая переменная «Результативность инноваций для высшего учебного заведения»			
<i>Int_U</i>	Крайне низкое значение результативности инноваций при взаимодействии с вузом, объясняющееся отсутствием как заинтересованности в инновационной деятельности, так и возможностью ее реализации	Очень низкий	(0; 0; 0,15; 0,25)
	Низкое значение результативности инноваций для вуза, связанное либо со слабой заинтересованностью в генерации инноваций, либо с отсутствием необходимой ресурсной базы	Низкий	(0,15; 0,25; 0,35; 0,45)
	Средняя результативность инноваций при взаимодействии с вузом, обусловленная средними уровнями соответствия результатов и ресурсного обеспечения, либо прямо противоположными значениями термножеств данных параметров	Средний	(0,35; 0,45; 0,55; 0,65)
	Результативность межорганизационных инноваций при взаимодействии с вузом высока благодаря достаточному уровню ресурсного обеспечения и высокому уровню соответствия результатов	Высокий	(0,55; 0,65; 0,75; 0,85)
	Результативность межорганизационных инноваций при взаимодействии с вузом очень высока ввиду высокого уровня ресурсного обеспечения и полного соответствия результатов инновационной деятельности запросам цифровой инновационной среды	Очень высокий	(0,75; 0,85; 1; 1)
Лингвистическая переменная «Уровень соответствия результатов»			
<i>B</i>	Результаты деятельности вуза абсолютно не соответствуют запросам организаций реального сектора экономики. Уделяется недостаточное внимание инновационной активности, стимул в инновационной деятельности отсутствует	Очень низкий	(0; 0; 0,15; 0,25)
	Низкий уровень соответствия результатов сигнализирует о слаборазвитой инновационной системе вуза и небольшом стимуле ее развития	Низкий	(0,15; 0,25; 0,35; 0,45)
	Уровень соответствия результатов инновационной деятельности вуза достаточен для развития межорганизационных инноваций	Средний	(0,35; 0,45; 0,55; 0,65)
	Высокий уровень соответствия результатов, показывающий, что инновационная деятельность вуза в большой степени соответствует запросам извне	Высокий	(0,55; 0,65; 0,75; 0,85)
	Результаты деятельности вуза полностью соответствуют запросам организаций реального сектора экономики, функционирующих в той же цифровой инновационной среде	Очень высокий	(0,75; 0,85; 1; 1)

Окончание таблицы 1 / Table 1 (continued)

Обозначение показателя / Indicator designation	Характеристика лингвистической переменной / Characteristic of linguistic variable	Оценка термножества / Estimation of term set	Шкалы трапециевидных чисел / Trapezoidal number scales
Лингвистическая переменная «Уровень ресурсного обеспечения»			
Г	Очень низкий уровень ресурсного обеспечения, свидетельствующий об отсутствии или очень малом количестве прикладных лабораторий и очень низкой публикационной активности	Очень низкий	(0; 0; 0,15; 0,25)
	Низкое значение уровня ресурсного обеспечения. Объясняется наличием небольшого количества прикладных лабораторий и невысокой публикационной активностью	Низкий	(0,15; 0,25; 0,35; 0,45)
	Уровень ресурсного обеспечения достаточен для развития академического индустриального партнерства	Средний	(0,35; 0,45; 0,55; 0,65)
	Высокое значение уровня ресурсного обеспечения. Объясняется наличием большого количества прикладных лабораторий и достаточно высокой публикационной активностью	Высокий	(0,55; 0,65; 0,75; 0,85)
	Очень высокий уровень ресурсного обеспечения, свидетельствующий о наличии необходимого количества прикладных лабораторий и очень высокой публикационной активности	Очень высокий	(0,75; 0,85; 1; 1)
Лингвистическая переменная «Результативность инноваций для реального сектора экономики»			
Int_B	Организация не заинтересована в инновационной деятельности либо не способна к ней. Финансовые возможности для генерации инноваций также отсутствуют или минимальны	Очень низкий	(0; 0; 0,15; 0,25)
	Организация обладает низкой результативностью инноваций ввиду малого опыта в инновационной деятельности и недостаточных финансовых возможностей	Низкий	(0,15; 0,25; 0,35; 0,45)
	Организация обладает достаточными финансовыми возможностями и опытом инновационных разработок для потенциального успеха при взаимодействии с ней с целью генерации инноваций	Средний	(0,35; 0,45; 0,55; 0,65)
	Организация обладает высокой результативностью инноваций благодаря серьезному опыту в инновационной деятельности и финансовым возможностям	Высокий	(0,55; 0,65; 0,75; 0,85)
	Организация крайне заинтересована в развитии инновационной деятельности ввиду очень большого (возможно, уникального) опыта инновационных разработок и их использования в своей деятельности. Финансовые возможности организации в полной мере позволяют генерировать инновации, в том числе совместно	Очень высокий	(0,75; 0,85; 1; 1)
Лингвистическая переменная «Значение компоненты»			
K_i	Очень низкое значение <i>i</i> -компоненты промежуточного или интегрального показателя	Очень низкий	(0; 0; 0,15; 0,25)
	Низкое значение <i>i</i> -компоненты промежуточного или интегрального показателя	Низкий	(0,15; 0,25; 0,35; 0,45)
	Среднее значение <i>i</i> -компоненты промежуточного или интегрального показателя	Средний	(0,35; 0,45; 0,55; 0,65)
	Высокое значение <i>i</i> -компоненты промежуточного или интегрального показателя	Высокий	(0,55; 0,65; 0,75; 0,85)
	Очень высокое значение <i>i</i> -компоненты промежуточного или интегрального показателя	Очень высокий	(0,75; 0,85; 1; 1)

Источник / Source: разработано автором / compiled by the author.

нижних оснований трапеций, a_2 и b_1 , — абсциссами вершин их верхних оснований.

Определим набор компонент для каждого интегрального показателя (табл. 2).

Представленные компоненты групп А и Д выбраны по результатам анализа методик расчета индексов цифровой готовности, индекса развития ИКТ, индекса сетевой готовности, индекса цифровой экономики и общества, индекса «Цифровая Россия» и ряда научных источников, предлагающих различные способы оценки результативности инноваций для реального сектора экономики с учетом изменяющихся внешних условий². В раннем исследовании автора были сопоставлены характеристики компонент, используемых при расчете вышеупомянутых индексов, и предложены принципы системного подхода к задаче выбора компонент для предлагаемых интегральных показателей [8]. Источниками для определения компонент групп Б, В и Г являются общепризнанные мировые рейтинги и научные источники³ [14–16]. Таким образом, выбор именно такого перечня компонент обусловлен, во-первых, задействованием общепризнанных методик; во-вторых, успешной апробацией в ранних исследованиях автора; в-третьих, полным соответствием сформулированным принципам системного подхода. Выбранные компоненты с предложенным способом разделения в полной и достаточной мере

характеризуют результативность межорганизационных инноваций.

На следующем этапе осуществляется оценка уровня значимости компонент. Составим систему весовых коэффициентов Фишберна (табл. 3) с использованием формулы (2):

$$r_i = \frac{2 \times (N - i + 1)}{N \times (N + 1)}, \quad (2)$$

где: r_i — весовой коэффициент i -компоненты; N — число компонент внутри одного показателя.

Система весовых коэффициентов Фишберна предполагает расположение всех компонент в порядке убывания их значимости [17], и это подтверждают данные табл. 3. По значениям весовых коэффициентов видно, что чем ниже порядковый номер компоненты в системе, тем больший вес ей присваивается вне зависимости от их общего числа в группе. Отметим, что правило Фишберна применяется в данном исследовании только к K_i -компонентам интегральных показателей. Промежуточные показатели K признаны равнозначными в границах отдельного интегрального показателя.

После подбора компонент и оценки уровней значимости необходимо составление базы фаззификации — совокупности трапециевидных чисел, упорядоченной в соответствии со всеми возможными значениями лингвистических переменных и частью возможных величин той или иной компоненты (табл. 4). При этом трапециевидные числа являются результатом проведенной экспертной оценки, так как применяемый аппарат нечеткой логики предполагает участие экспертов при фаззификации и дефаззификации данных. Использование трапециевидных чисел обуславливается, в том числе, возможностью установки достаточной области неопределенности при работе экспертов с нечеткими значениями.

Следует подчеркнуть, что в случае значительного изменения состояний внешней среды или изменения структуры модели базу фаззификации необходимо каждый раз корректировать с целью соблюдения принципа адаптивности [8]. В нее включаются только трапециевидные числа для ненормированных значений компонент K_i . Три интегральных и четыре промежуточных показателя принимают значения, ограниченные интервалом $[0; 1]$, вследствие чего в их фаззификации нет необходимости. Лингвистическая идентификация интегральных и промежуточных показателей сразу осуществляется с использованием шкал из табл. 1, минуя фаззификационный этап.

² Digital Readiness Index. Cisco; 2021. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/about/csr/research-resources/digital-readiness.html> (дата обращения: 10.01.2025); the ICT Development Index. ITU; 2024. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/IDI/default.aspx> (дата обращения: 10.01.2025); Network Readiness Index. Portulans Institute. 2024. URL: <https://networkreadinessindex.org/> (дата обращения: 10.01.2025); the Digital Economy and Society Index; 2022. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi> (дата обращения: 10.01.2025); Индекс «Цифровая Россия». Школа управления СКОЛКОВО. 2018. URL: <https://www.skolkovo.ru/researches/indeks-cifrovaya-rossiya/> (дата обращения: 10.01.2025).

³ Российский статистический ежегодник (Росстат). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejagodnik_2023.pdf (дата обращения: 16.10.2024); Europe's most innovative universities. URL: <https://www.reuters.com/graphics/EUROPE-UNIVERSITIES-INNOVATION/010091N72J7/> (дата обращения: 16.10.2024); The Impact Rankings. URL: https://the-ranking.s3.eu-west-1.amazonaws.com/IMPACT/IMPACT2023/THE.ImpactRankings.METHODOLOGY.2023_v1.2.pdf (дата обращения: 16.10.2024); University Innovation Rankings URL: <https://www.scimagoir.com/methodology.php> (дата обращения: 16.10.2024); The World University Rankings for Innovation. URL: https://www.wuri.world/_files/ugd/8e5131_708743231b0a45ffacc8470fc959c980.pdf (дата обращения: 16.10.2024).

Таблица 2 / Table 2

**Компоненты интегральных показателей результативности инноваций /
The components of the integrated indexes of innovation effectiveness**

№	Наименование компоненты / Name of the component
Компоненты интенсивности развития решений актуального технологического уклада	
A1	Уровень нормативного регулирования процессов цифровизации и инновационных процессов
A2	Наличие специалистов цифровой экономики, % в общем числе занятых
A3	Инвестиции в цифровые технологии, млн руб.
A4	Доля инновационных продуктов, % в общем объеме рынка
A5	Уровень инновационной активности организаций, %
A6	Доля инновационных продуктов, принадлежащих российским правообладателям, % в общем объеме рынка
A7	Доля затрат на развитие цифровых технологий, % в общем объеме затрат на исследования и разработки
A8	Организации, использующие средства защиты информации, %
A9	Организации, имеющие веб-сайт, %
A10	Организации, использующие широкополосный доступ к сети Интернет, %
A11	Организации, использующие электронный обмен данными, %
A12	Организации, использующие персональные компьютеры, %
Компоненты уровня исследовательской интеграции высшего учебного заведения	
B1	Число созданных при вузе технопарков и бизнес-инкубаторов, ед.
B2	Число спин-компаний, ед.
B3	Число реализованных проектов от реального сектора экономики, ед.
B4	Число предметных коллабораций, ед.
B5	Исследовательский доход от реального сектора экономики, тыс. руб.
B6	Число предметных закупок, ед.
B7	Общая сумма предметных закупок, млн руб.
Компоненты результативности инноваций для высшего учебного заведения	
V1	Исследовательский доход, тыс. руб.
V2	Число принадлежащих вузу патентов и РИД, ед.
V3	Число лицензионных соглашений, ед.
V4	Доля исследовательских доходов, % в общих доходах вуза
V5	Доля доходов от использования результатов интеллектуальной деятельности, % в общих доходах вуза
G1	Число предметных лабораторий, ед.
G2	Число публикаций вуза, проиндексированных в наукометрических базах, ед.
Компоненты результативности инноваций для реального сектора экономики	
D1	Объем исследований, выполненных организацией и/или по ее заказу, млн руб.
D2	Взвешенный относительный оборот, млн руб.
D3	Число принадлежащих организации патентов и РИД, ед.
D4	Коэффициент использования патентов в производственной деятельности организации

Источник / Source: составлено автором на основе данных Российского статистического ежегодника (Росстат). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2023.pdf (дата обращения: 16.10.2024), методик расчета Europe's most innovative universities. URL: <https://www.reuters.com/graphics/EUROPE-UNIVERSITIES-INNOVATION/010091N72J7/> (дата обращения: 16.10.2024); The Impact Rankings. URL: https://the-ranking.s3.eu-west-1.amazonaws.com/IMPACT/IMPACT2023/THE.ImpactRankings.METHODOLOGY.2023_v1.2.pdf (дата обращения: 16.10.2024); University Innovation Rankings URL: <https://www.scimagoir.com/methodology.php> (дата обращения: 16.10.2024); The World University Rankings for Innovation. URL: https://www.wuri.world/_files/ugd/8e5131_708743231b0a45ffacc8470fc959c980.pdf (дата обращения: 16.10.2024); [14–16] / compiled by the author based on data from the Russian Statistical Yearbook (Rosstat). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2023.pdf accessed on 16.10.2024), calculation methods of Europe's most innovative universities. URL: <https://www.reuters.com/graphics/EUROPE-UNIVERSITIES-INNOVATION/010091N72J7/> (accessed on 16.10.2024); The Impact Rankings URL: https://the-ranking.s3.eu-west-1.amazonaws.com/IMPACT/IMPACT2023/THE.ImpactRankings.METHODOLOGY.2023_v1.2.pdf (accessed on 16.10.2024); University Innovation Rankings URL: <https://www.scimagoir.com/methodology.php> (accessed on 16 October 2024); The World University Rankings for Innovation. URL: https://www.wuri.world/_files/ugd/8e5131_708743231b0a45ffacc8470fc959c980.pdf (accessed on 16 October 2024); [14–16].

Таблица 3 / Table 3

Система весовых коэффициентов Фишберна для всех компонент интегральных показателей /
The system of Fishburne weights for the components of the integrated indexes

Ki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	N
№ Ai	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	12
Вес Ai	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,01	-
№ Bi	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	-	-	-	-	-	7
Вес Bi	0,25	0,21	0,18	0,14	0,11	0,07	0,04	-	-	-	-	-	-
№ Vi	V1	V2	V3	V4	V5	-	-	-	-	-	-	-	5
Вес Vi	0,33	0,27	0,20	0,13	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-
№ Gi	G1	G2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Вес Gi	0,67	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
№ Di	D1	D2	D3	D4	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Вес Di	0,4	0,3	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Источник / Source: составлено автором с использованием формулы (2) / compiled by the author based on formula (2).

Далее эксперты проводят фазсификацию значений компонент с использованием разработанной базы при помощи системы расчета степени принадлежности (3):

$$\lambda_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ при } Ki \leq a_1, \text{ если } j = 1 \\ 0 \text{ при } Ki \leq a_1, \text{ если } j \in [2; 4] \\ \frac{Ki - a_1}{a_2 - a_1} \text{ при } a_1 < Ki < a_2 \\ 0,5 \text{ при } Ki = a, \text{ если } a_1 = a_2 \\ 1 \text{ при } a_2 \leq Ki \leq b_1 \\ 0,5 \text{ при } Ki = b, \text{ если } b_1 = b_2 \\ \frac{b_2 - Ki}{b_2 - b_1} \text{ при } b_1 < Ki < b_2 \\ 0 \text{ при } Ki \geq b_2, \text{ если } j \in [2; 4] \\ 1 \text{ при } Ki \geq b_2, \text{ если } j = 5 \end{cases}, \quad (3)$$

где: λ_{ij} — степень принадлежности Ki терм-множеству j , $\lambda_{ij} \in [0; 1]$; Ki — ненормированные значения компонент; a_1 — абсцисса вершины левого угла нижнего основания нечеткой функции трапециевидного числа; a_2 — абсцисса вершины левого угла верхнего основания нечеткой функции трапециевидного числа; b_1 — абсцисса вершины правого угла верхнего основания нечеткой функции трапециевидного числа;

b_2 — абсцисса вершины правого угла нижнего основания нечеткой функции трапециевидного числа.

Матричный метод предполагает сведение полученных значений компонент в матрицу нечетких значений μ_{Ki} размерности $i \times j$ вида (4), в которой по i -й строке матрицы откладываются фазсифицированные значения λ_{ij} , характеризующие степень принадлежности каждой Ki -компоненты сформированным оценкам терм-множеств μ_j . По i -й строке для расчета выбирается величина, соответствующая критерию $\lambda_i \rightarrow \max$, определяется значение весового коэффициента w_i , а по j -му столбцу — лингвистическая характеристика терм-множества, к которому в наибольшей степени принадлежит Ki . По этому же критерию ищется соответствующая данному терм-множеству (и лингвистической характеристике) точка пересечения ω_j .

$$\mu_{Ki} = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1j} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{i1} & \lambda_{i2} & \dots & \lambda_{ij} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Весовые коэффициенты и точки пересечения не имеет смысла представлять в матричном виде ввиду

Таблица 4 / Table 4
База фаззификации для приведения четких чисел в нечеткие / The fuzzification base for converting a standard numbers into a fuzzy numbers

Оценка терм-множества / Term Set Score	Очень низкий / Very Low	Низкий / Low	Средний / Average	Высокий / High	Очень высокий / Very High
Ki	Трапецевидные числа для оценок терм-множеств значений лингвистической переменной «Интенсивность развития решений актуального технологического уклада»				
A1	(0; 0; 0,1; 0,3)	(0,1; 0,3; 0,5; 0,6)	(0,5; 0,6; 0,7; 0,8)	(0,7; 0,8; 0,9; 0,95)	(0,9; 0,95; 1; 1)
A2	(0,2; 0,2; 0,4; 0,7)	(0,4; 0,7; 1,3; 1,6)	(1,3; 1,6; 2,1; 2,4)	(2,1; 2,4; 2,7; 3)	(2,7; 3; 3,3; 3,3)
A3	(2,4; 2,4; 3,8638; 7,277)	(3,8638; 7,277; 13,5235; 16,4214)	(13,5235; 16,4214; 22,2172; 25,1151)	(22,2172; 25,1151; 30,9109; 34,7748)	(30,9109; 34,7748; ∞; ∞)
A4	(0,1; 0,1; 2,2; 4,4)	(2,2; 4,4; 7,7; 9,3)	(7,7; 9,3; 12,6; 14,2)	(12,6; 14,2; 17,5; 19,7)	(17,5; 19,7; 21,8; 21,8)
A5	(1,1; 1,1; 3,3; 6,6)	(3,3; 6,6; 11,6; 14,1)	(11,6; 14,1; 19; 21,5)	(19; 21,5; 26,5; 29,8)	(26,5; 29,8; 32; 32)
A6	(0; 0; 9; 17,9)	(9; 17,9; 31,4; 38,1)	(31,4; 38,1; 51,5; 58,2)	(51,5; 58,2; 71,7; 80,6)	(71,7; 80,6; 89,6; 89,6)
A7	(0; 0; 2,8; 5,5)	(2,8; 5,5; 9,7; 11,8)	(9,7; 11,8; 15,9; 18)	(15,9; 18; 22,2; 24,9)	(22,2; 24,9; 27,7; 27,7)
A8	(48,2; 48,2; 49,6; 51,9)	(49,6; 51,9; 53; 57,1)	(53; 57,1; 70,5; 73,9)	(70,5; 73,9; 77,2; 80,6)	(77,2; 80,6; 86,1; 86,1)
A9	(29,2; 29,2; 30,1; 33)	(30,1; 33; 32,1; 37,5)	(32,1; 37,5; 46,4; 48,6)	(46,4; 48,6; 50,8; 53)	(50,8; 53; 59,1; 59,1)
A10	(46,6; 46,6; 48; 50,6)	(48; 50,6; 51,3; 56,1)	(51,3; 56,1; 69,2; 72,5)	(69,2; 72,5; 75,8; 79,1)	(75,8; 79,1; 85,3; 85,3)
A11	(28,9; 28,9; 29,8; 34,6)	(29,8; 34,6; 31,8; 40,8)	(31,8; 40,8; 50,3; 52,7)	(50,3; 52,7; 55,1; 57,5)	(55,1; 57,5; 67; 67)
A12	(52,6; 52,6; 54,2; 56)	(54,2; 56; 57,9; 61,2)	(57,9; 61,2; 75,5; 79,1)	(75,5; 79,1; 82,7; 86,3)	(82,7; 86,3; 91,3; 91,3)
Ki	Трапецевидные числа для оценок терм-множеств значений лингвистической переменной «Уровень исследовательской интеграции высшего учебного заведения»				
B1	(0; 0; 0; 0)	(0; 0; 1; 1)	(1; 1; 2; 2)	(2; 2; 3; 3)	(3; 3; 4; 4)
B2	(0; 0; 2; 4)	(2; 4; 7; 9)	(7; 9; 12; 13)	(12; 13; 16; 18)	(16; 18; 20; 20)
B3	(0; 0; 20; 40)	(20; 40; 70; 85)	(70; 85; 115; 130)	(115; 130; 160; 180)	(160; 180; 200; 200)
B4	(0; 0; 15; 30)	(15; 30; 53; 64)	(53; 64; 86; 98)	(86; 98; 120; 135)	(120; 135; 150; 150)
B5	(0; 0; 383; 766)	(383; 766; 1341; 1629)	(1341; 1629; 2203; 2491)	(2203; 2491; 3065; 3449)	(3065; 3449; ∞; ∞)
B6	(0; 0; 0; 0)	(0; 0; 1; 1)	(1; 1; 2; 2)	(2; 2; 3; 3)	(3; 3; 4; 4)
B7	(0; 0; 0; 0)	(1,5; 3; 5,3; 6,4)	(5,3; 6,4; 8,6; 9,8)	(8,6; 9,8; 12; 13,5)	(13,5; 15; ∞; ∞)
Ki	Трапецевидные числа для оценок терм-множеств значений лингвистической переменной «Уровень соответствия результатов»				
B1	(0; 0; 272; 544)	(272; 544; 952; 1156)	(952; 1156; 1564; 1768)	(1564; 1768; 2176; 2448)	(2448; 2759; ∞; ∞)
B2	(0; 0; 6; 12)	(6; 12; 21; 26)	(21; 26; 35; 39)	(35; 39; 48; 54)	(48; 54; 60; 60)
B3	(0; 0; 6; 12)	(6; 12; 21; 26)	(21; 26; 35; 39)	(35; 39; 48; 54)	(48; 54; 60; 60)
B4	(0; 0; 5; 10)	(5; 10; 18; 21)	(18; 21; 29; 35)	(29; 35; 40; 45)	(40; 45; 50; 50)
B5	(0; 0; 0,01; 0,02)	(0,01; 0,02; 0,03; 0,04)	(0,03; 0,04; 0,05; 0,06)	(0,05; 0,06; 0,07; 0,08)	(0,07; 0,08; 0,1; 0,1)
Ki	Трапецевидные числа для оценок терм-множеств значений лингвистической переменной «Уровень ресурсного обеспечения»				
G1	(0; 0; 1; 3)	(1; 3; 5; 6)	(5; 6; 8; 9)	(8; 9; 11; 13)	(11; 13; 15; 15)
G2	(0; 0; 3061; 6122)	(3061; 6122; 10713; 13008)	(10713; 13008; 17600; 19895)	(17600; 19895; 24486; 27547)	(24486; 27547; 30608; 30608)
Ki	Трапецевидные числа для оценок терм-множеств значений лингвистической переменной «Результативность инноваций для реального сектора экономики»				
D1	(0; 0; 17; 34)	(17; 34; 59; 72)	(59; 72; 97; 110)	(97; 110; 135; 152)	(152; 200; ∞; ∞)
D2	(0; 0; 0,2; 0,4)	(0,2; 0,4; 0,7; 0,85)	(0,7; 0,85; 1,15; 1,3)	(1,15; 1,3; 1,6; 1,8)	(1,6; 1,8; 2; 2)
D3	(0; 0; 1; 2)	(1; 2; 3; 4)	(3; 4; 5; 6)	(5; 6; 7; 8)	(8; 9; 10; 10)
D4	(0; 0; 0,02; 0,04)	(0,02; 0,04; 0,08; 0,09)	(0,08; 0,09; 0,13; 0,14)	(0,13; 0,14; 0,18; 0,19)	(0,18; 0,19; 0,2; 0,2)

Источник / Source: составлено автором / compiled by the author.

того, что традиционные математические правила работы с матрицами не дадут нужного результата из-за неполной совместимости с применяемым методом нечеткой интегральной свертки. Вместо этого для приведения нечетких значений компонент в четкие составлена формула дефаззификации (5):

$$Int_{\mu} = \sum_{j=1}^{n=5} \omega_j \sum_{i=1}^N w_i \lambda_{ij}, \quad (5)$$

где: Int_{μ} — интегральный или промежуточный показатель, рассчитываемый с применением нечеткой логики; ω_j — точки пересечения, соответствующие функции принадлежности j ; w_i — весовые коэффициенты i -показателя; λ_{ij} — нечеткие значения i -показателя, выбранные по критерию $\lambda_i \rightarrow \max$.

Вследствие использования матричного метода дефаззификация осуществляется при помощи двойной интегральной свертки по значениям компонент (полученных в результате работы эксперта с базой фаззификации), с применением не только весовых коэффициентов, но и точек пересечения.

Расположение и значения последних зависят от вида и количества функций принадлежности в используемой совокупности. Точки пересечения исследователи часто предлагают рассчитывать по формуле (6) [13, 18, 19]:

$$\varpi_j = 0,9 - 0,2 \times (j - 1), \quad (6)$$

где: ϖ_j — точки пересечения, соответствующие функции принадлежности j при инверсивном характере показателя; j — порядковый номер функции принадлежности в составленной совокупности.

Помимо аналитического применим также графический способ определения точек пересечения [20, 21] — они равны абсциссам средин верхних оснований всех функций принадлежности в совокупности.

При использовании предложенной в ряде источников формулы (6) и дальнейшем сравнении с результатами, полученными графическим способом, становится очевидно, что итоги расчета узловых коэффициентов на векторе нечетких значений оказываются инверсивными. Иными словами, такое распределение узловых коэффициентов подходит для случаев, в которых низкий уровень показателя соответствует высокой качественной характеристике. Ни один показатель или компонента в разработанной системе не обладает таким свойством, вследствие чего возникает необходи-

мость выведения обратной формулы (7), дающей неинверсивные величины узловых коэффициентов. Полное совпадение с результатами, полученными графически, свидетельствует о корректности выведенной формулы:

$$\omega_j = 0,2 \times (1 + j) - 0,3, \quad (7)$$

где ω_j — точки пересечения, соответствующие функции принадлежности j при неинверсивном характере показателя; j — порядковый номер функции принадлежности в составленной совокупности.

Результат нахождения точек пересечения для совокупности из пяти трапециевидных функций принадлежности (см. рис. 2) представлен в табл. 5.

Смысл существования точек пересечения заключается в дополнительном снижении влияния субъективности в выстроенной нечеткой модели. Так, помимо уже имеющихся интервалов неувренности (которыми являются боковые стороны трапеций используемых в модели нечетких чисел), точки пересечения добавляют возможность распознавания абсолютной уверенности по критерию максимального приближения к ним [22].

Точки пересечения представляют собой узловые коэффициенты, выступающие в качестве дополнительной системы весов наряду с выстроенной системой Фишберна [20], решение о применении того или иного набора которых принимается экспертом. В данной модели (учитывая приведенное обоснование), используются значения, полученные аналитически с помощью формулы (7) для показателей неинверсивного характера.

На последнем этапе, после осуществления интегральной свертки, проводится лингвистическая идентификация промежуточных и интегральных показателей, в результате чего уже имеющимся количественным характеристикам последних присваиваются качественные (лингвистические) характеристики.

ВЫВОДЫ

Оценка результативности инноваций является важной задачей как для академического, так и для реального секторов экономики, что подчеркивает необходимость создания способствующих ее осуществлению методов. К их числу относится разработанная в ходе исследования и представленная в статье нечетко-множественная модель. В качестве ее особенностей и ограничений можно отметить следующие:

Таблица 5 / Table 5

Результат нахождения точек пересечения / The calculation results for the intersection points

Значение j / The value of j	1	2	3	4	5
Значения ω_j ; полученные аналитически по формуле (6)	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1
Значения ω_j ; полученные графически	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Значения ω_j ; полученные аналитически по формуле (7)	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9

Источник / Source: составлено / compiled by the author.

1. Использование более одного интегрального показателя для оценки результативности инноваций.

Как правило, в подобных исследованиях к расчету предлагается один интегральный показатель, комплексно характеризующий какой-либо аспект экономического состояния или деятельности субъекта [23–26], но в данном случае было решено задействовать три без объединения их в один общий во избежание неоправданного усложнения модели.

2. Возможность за одну итерацию рассчитать результат взаимодействия только одного высшего учебного заведения с одной организацией реального сектора экономики.

Несмотря на это обстоятельство, модель является универсальной. Данное ограничение нивелируется отсутствием ограничения числа возможных итераций, что гипотетически позволяет рассчитать и оценить результативность инноваций, примененных при взаимодействии, например, одного вуза с группой организаций путем поочередной замены данных Int_B для каждой из них. Универсальность модели также характеризуется возможностью замены данных в Int_U и Int_S без существенного риска столкновения

с отсутствием необходимой для расчетов информации.

3. Невозможность учета абсолютно всех факторов, влияющих на результативность межорганизационных инноваций.

Данное ограничение возникает потому, что представленный в исследовании набор компонент базируется на изучении и анализе наиболее популярных международных исследований, индексов и рейтингов, хотя в действительности источников подобного рода намного больше. Снизить его влияние позволило следование принципам системного подхода, сформулированным в раннем исследовании автора настоящей статьи [8].

4. Наличие субъективности при использовании экспертных оценок.

Применение трапециевидных функций принадлежности и точек пересечения при дефазификации способствует снижению субъективности модели, но не позволяет избавиться от нее полностью.

Будущие исследования планируется посвятить апробации нечетко-множественной модели интегральной оценки результативности межорганизационных инноваций в целях ее дальнейшего развития и совершенствования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Иващенко А.А. Генезис межорганизационных инноваций в контексте развития академического индустриального партнерства. *Beneficium*. 2024;(1):6–13. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2024.1(50).6–13
- Jiao H., Yang J., Zhou J., Li J. Commercial partnerships and collaborative innovation in China: The moderating effect of technological uncertainty and dynamic capabilities. *Journal of Knowledge Management*. 2019;23(7):1429–1454. DOI: 10.1108/JKM-10-2017-0499
- Schultz C., Gretsch O., Kock A. The influence of shared R&D-project innovativeness perceptions on university-industry collaboration performance. *The Journal of Technology Transfer*. 2021;46(3):1144–1172. DOI: 10.1007/s10961-020-09818-1
- Grabisch M. Fuzzy integral in multicriteria decision making. *Fuzzy Sets and Systems*. 1995;69(3):279–298. DOI: 10.1016/0165-0114(94)00174-6
- Myachin V., Yudina O. Fuzzy-logical approach to constructing an integral indicator in a level estimation model significant market advantage. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2021;7(2):139–145. DOI: 10.30525/2256-0742/2021-7-2-139-145

6. Kozlov A., Kankovskaya A., Teslya A., Ivashchenko A. Study of labour digital potential usage by organizations of Ural Federal District. In: Rodionov D., Kudryavtseva T., Skhvediani A., Berawi M.A., eds. *Innovations in digital economy (SPBPU IDE 2021)*. Cham: Springer-Verlag; 2022:265–276. (Communications in Computer and Information Science. Vol. 1619). DOI: 10.1007/978-3-031-14985-6_19
7. Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*. 1965;8(3):338–353. DOI: 10.1016/S 0019–9958(65)90241-X
8. Козлов А.В., Тесля А.Б., Иващенко А.А. Формирование системы индикаторов для мониторинга процессов цифровизации национальной экономики. *Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством*. 2021;(1):97–107. DOI: 10.6060/ivecoфин.20214701.522
9. Недосекин А.О., Максимов О.Б. Анализ риска инвестиций с применением нечетких множеств. *Управление риском*. 2001;(1):51–55.
10. Недосекин А.О., Максимов О.Б. Простейшая комплексная оценка финансового состояния предприятия на основе нечетко-множественного подхода. *Аудит и финансовый анализ*. 2003;(3):23–28.
11. Yao Y., Zhang J. Interpreting fuzzy membership functions in the theory of rough sets. In: Ziark, W., Yao Y., eds. *Rough sets and current trends in computing (RSCTC 2000)*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2001:82–89. (Lecture Notes in Computer Science. Vol. 2005). DOI: 10.1007/3-540-45554-X_9
12. Халов Е.А. Систематический обзор четких одномерных функций принадлежности интеллектуальных систем. *Информационные технологии и вычислительные системы*. 2009;(3):60–74.
13. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. СПб.: Сезам; 2002. 165 с.
14. Ефремова П.В. Показатели оценки эффективности развития инновационной деятельности вузов. *Вопросы инновационной экономики*. 2019;9(3):989–1010. DOI: 10.18334/vinес.9.3.41001
15. Носков А.А. Методические направления оценки инновационного развития регионов и научно-инновационной деятельности вузов. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*. 2018;(4):363–372. DOI: 10.15593/2224-9354/2018.4.30
16. Галимов А.М., Закирова А.Р., Маханько А.В. Об оценке результатов инновационной деятельности вуза. *Образовательные технологии и общество*. 2013;16(4):403–411.
17. Hurman A., Simon J. The legacy of Peter Fishburn: Foundational work and lasting impact. *Decision Analysis*. 2023;20(1):1–15. DOI: 10.1287/deca.2022.0461
18. Карпова Н.А. Применение методов нечеткой логики при оценке и прогнозировании финансовой устойчивости консолидированных групп компаний. *Интернет-журнал Науковедение*. 2015;7(5):56. DOI: 10.15862/199EVN 515
19. Терентьева Д.А., Крыжко Д.А., Конников Е.А., Мельниченко А.М. Нечетко-множественный подход к оценке уровня инновационного потенциала региона. *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2023;4(9):167–192. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2023.09.04.016
20. Недосекин А.О. Применение нечетких множеств в бизнесе, экономике и финансах (Послесловие к международной конференции FSSCEF-2004). *Новости искусственного интеллекта*. 2004;(2):27–34.
21. Бондаренко П.В., Фокина Е.А., Трухляева А.А. Применение теории нечетких множеств для оценки качества жизни населения региона. *Фундаментальные исследования*. 2015;(11–5):967–971.
22. Лукашевич Н.С. Оценка кредитоспособности физических лиц на основе теории нечетких множеств. Дисс. ... канд. экон. наук. СПб; 2009. 186 с.
23. Иващенко А.А., Тесля А.Б. Характеристика цифровой инновационной среды организаций. Глобальные вызовы цифровой трансформации рынков. СПб.: Политех-Пресс; 2023:746–758.
24. Козлов А.В., Тесля А.Б. Цифровой потенциал промышленных предприятий: сущность, определение и методы расчета. *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2019;25(6):101–110. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-6-101-110
25. Бурцева Т.А., Френкель А.А., Тихомиров Б.И., Сурков А.А. Интегральный индекс — эффективный инструмент измерения региональной производительности труда. *Экономика труда*. 2020;7(11):1085–1102. DOI: 10.18334/et.7.11.111086
26. Великороссов В.В., Филин С.А., Ланчаков А.Б. и др. Модель интегрального анализа устойчивого развития предприятия. *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2022;2(3):18–28. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2022.03.02.002

REFERENCES

1. Ivashchenko A.A. The genesis of interorganizational innovations in the scope of academic industrial partnership development. *Beneficium*. 2024;(1):6–13. (In Russ.). DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2024.1(50).6–13
2. Jiao H., Yang J., Zhou J., Li J. Commercial partnerships and collaborative innovation in China: The moderating effect of technological uncertainty and dynamic capabilities. *Journal of Knowledge Management*. 2019;23(7):1429–1454. DOI: 10.1108/JKM-10-2017-0499
3. Schultz C., Gretsche O., Kock A. The influence of shared R&D-project innovativeness perceptions on university-industry collaboration performance. *The Journal of Technology Transfer*. 2021;46(3):1144–1172. DOI: 10.1007/s10961-020-09818-1
4. Grabisch M. Fuzzy integral in multicriteria decision making. *Fuzzy Sets and Systems*. 1995;69(3):279–298. DOI: 10.1016/0165-0114(94)00174-6
5. Myachin V., Yudina O. Fuzzy-logical approach to constructing an integral indicator in a level estimation model significant market advantage. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2021;7(2):139–145. DOI: 10.30525/2256-0742/2021-7-2-139-145
6. Kozlov A., Kankovskaya A., Teslya A., Ivashchenko A. Study of labour digital potential usage by organizations of Ural Federal District. In: Rodionov D., Kudryavtseva T., Skhvediani A., Berawi M.A., eds. *Innovations in digital economy (SPBPU IDE 2021)*. Cham: Springer-Verlag; 2022:265–276. (Communications in Computer and Information Science. Vol. 1619). DOI: 10.1007/978-3-031-14985-6_19
7. Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*. 1965;8(3):338–353. DOI: 10.1016/S 0019-9958(65)90241-X
8. Kozlov A.V., Teslya A.B., Ivashchenko A.A. Creating an indicator system to survey the digitalization process of a national economy. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom = News of Higher Educational Institutions. Series: Economy, Finance and Production Management*. 2021;(1):97–107. (In Russ.). DOI: 10.6060/ivecofin.20214701.522
9. Nedosekin A. O., Maksimov O. B. Investment risk analysis using fuzzy sets. *Upravlenie riskom = Risk Management*. 2001;(1):51–55. (In Russ.).
10. Nedosekin A. O., Maksimov O. B. The simplest comprehensive assessment of the financial condition of an enterprise based on the fuzzy-set approach. *Audit i finansovyi analiz = Audit and Financial Analysis*. 2003;(3):23–28. (In Russ.).
11. Yao Y., Zhang J. Interpreting fuzzy membership functions in the theory of rough sets. In: Ziark, W., Yao Y., eds. *Rough sets and current trends in computing (RSCTC 2000)*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2001:82–89. (Lecture Notes in Computer Science. Vol. 2005). DOI: 10.1007/3-540-45554-X_9
12. Khalov E. A. A systematic review of crisp one-dimensional membership functions of intelligent systems. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy = Information Technologies and Computing Systems*. 2009;(3):60–74. (In Russ.).
13. Nedosekin A. O. Fuzzy-set risk analysis of stock investment. St. Petersburg: Sezam; 2002. 165 p. (In Russ.).
14. Efremova P.V. Indicators for assessing the effectiveness of the universities innovative activity development. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*. 2019;9(3):989–1010. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.9.3.41001
15. Noskov A. A. Methodical directions of assessing innovative development of regions and innovative research activities of universities. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Sotsial'no-ekonomicheskie nauki = PNRPU Sociology and Economics Bulletin*. 2018;(4):363–372. (In Russ.). DOI: 10.15593/2224-9354/2018.4.30
16. Galimov A. M., Zakirova A. R., Makhan'ko A. V. On the assessment of the results of innovative activities of the university. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo = Educational Technology & Society*. 2013;16(4):403–411. (In Russ.).
17. Hupman A., Simon J. The legacy of Peter Fishburn: Foundational work and lasting impact. *Decision Analysis*. 2023;20(1):1–15. DOI: 10.1287/deca.2022.0461
18. Karpova N. A. Application of methods of fuzzy logic in valuation and forecasting of financial capability of the consolidated groups of companies. *Internet-zhurnal Naukovedenie*. 2015;7(5):56. (In Russ.). DOI: 10.15862/199EVN 515

19. Terenteva D.A., Kryzhko D.A., Konnikov E.A., Melnichenko A.M. Fuzzy-set approach to assessing the level of region innovation potential. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya = Economics and Management: Problems, Solutions*. 2023;4(9):167–192. (In Russ.). DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2023.09.04.016
20. Nedosekin A.O. the use of fuzzy sets in economics, business and finance. *Novosti iskusstvennogo intellekta*. 2004;(2):27–34. (In Russ.).
21. Bondarenko P.V., Fokina E.A., Trukhlyaeva A.A. Application of the theory of fuzzy sets for assessment of the quality of life population of the region. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*. 2015;(11–5):967–971. (In Russ.).
22. Lukashevich N.S. Assessment of creditworthiness of individuals based on the theory of fuzzy sets. Cand. econ. sci. diss. St. Petersburg: Saint Petersburg State Polytechnic University; 2009. 186 p. (In Russ.).
23. Ivashchenko A.A., Teslya A.B. Characteristics of the digital innovation environment of organizations. In: Global challenges of digital transformation of markets. St. Petersburg: Polytech-Press; 2023:746–758. (In Russ.).
24. Kozlov A., Teslya A. Digital potential of industrial enterprises: Essence, determination and calculation methods. *Vestnik Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Transbaikalian State University Journal*. 2019;25(6):101–110. (In Russ.). DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-6-101-110
25. Burtseva T.A., Frenkel A.A., Tikhomirov B.I., Surkov A.A. Integral index as an effective tool for measuring regional labour productivity. *Ekonomika truda = Russian Journal of Labor Economics*. 2020;7(11):1085–1102. (In Russ.). DOI: 10.18334/et.7.11.111086
26. Velikorossov V.V., Filin S.A., Lanchakov A.B., et al. Integrated analysis model for sustainable enterprise development. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya = Economics and Management: Problems, Solutions*. 2022;2(3):18–28. (In Russ.). DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2022.03.02.002

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / ABOUT THE AUTHOR



Артем Александрович Иващенко — старший преподаватель Высшей школы производственного менеджмента, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Artem A. Ivashchenko — Senior Lecturer of the Graduate School of Industrial Management, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-7846-6420>

ivashchenkoartyom@yandex.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The author has no conflicts of interest to declare.

Статья поступила в редакцию 17.10.2024; после рецензирования 10.01.2025; принята к публикации 05.02.2025.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 17.10.2024; revised on 10.01.2025 and accepted for publication on 05.02.2025.

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