

УДК 330.42

DOI:10.25729/ESI.2025.37.1.011

Формирование многоуровневой системы ключевых показателей (KPI) региональной инновационной инфраструктуры

Туктарова Полина Андреевна¹, Дмитриева Ирина Вадимовна², Ялтонская Диана Ильвириковна²

¹Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Россия, Иркутская область, поселок Молодежный, ptuktarova@gmail.com

²Уфимский университет науки и технологий, Россия, Уфа

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые показатели для оценки эффективности работы инновационной инфраструктуры региона с помощью регрессионного анализа. В работе выделены этапы формирования системы ключевых показателей KPI. На первом этапе были сформулированы цель и задачи по созданию многоуровневой системы показателей эффективности KPI. На втором этапе определены ключевые показатели для дальнейшего анализа, чтобы исследовать, какие показатели могут отражать эффективность работы инновационной инфраструктуры региона. Для статьи были выбраны такие показатели, как: уровень инновационной активности в регионе, количество новых рабочих мест, созданных в инновационной сфере, объем запущенных на рынок инновационных продуктов или услуг. На третьем этапе был выбран метод исследования – регрессионный анализ, и собраны данные по выделенным показателям. В статье рассматривается процесс формирования многоуровневой системы ключевых показателей (KPI) для оценки эффективности региональной инновационной инфраструктуры. Выделены основные компоненты инновационной инфраструктуры, определены показатели для каждой из них. В качестве основного метода анализа использовалась регрессионная модель, которая позволила выявить наиболее значимые факторы, влияющие на развитие инновационной инфраструктуры. Основным выводом статьи заключается в том, что разработка многоуровневой системы KPI является необходимым условием для эффективного управления инновационной инфраструктурой и достижения поставленных целей в этой области.

Ключевые слова: показатели, KPI, многоуровневая система, инновационная инфраструктура, множественная регрессия

Цитирование: Туктарова П.А. Формирование многоуровневой системы ключевых показателей (KPI) региональной инновационной инфраструктуры / П.А. Туктарова, И.В. Дмитриева, Д.И. Ялтонская // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2025. – № 1(37). – С. 114-121. – DOI:10.25729/ESI.2025.37.1.011.

Введение. В наши дни эффективность экономических процессов становится все более важным фактором. Чтобы добиться успеха в этой области, необходимо создать многоуровневую систему ключевых показателей (KPI) для инновационной инфраструктуры региона [1]. Современное общество сталкивается с развитием растущих технологий и новыми инновационными решениями. Развитая инновационная инфраструктура необходима для эффективного использования инноваций. Тем не менее, для того, чтобы оценить эффективность такого применения, необходима система ключевых показателей (KPI).

В статье для того, чтобы оценить эффективность региональной инновационной инфраструктуры, представлен процесс формирования многоуровневой системы показателей эффективности. Результаты исследования позволяют определить наиболее важные показатели, влияющие на эффективность развития региональной инновационной инфраструктуры. Основным выводом статьи является то, что создание многоуровневой системы показателей эффективности KPI поможет наилучшим образом оценить эффективность развитие инновационной инфраструктуры.

В работе выделены основные этапы формирования системы ключевых показателей KPI. На первом этапе были определены цели и задачи по созданию многоуровневой системы показателей эффективности KPI. На втором этапе определены ключевые показатели для

дальнейшего анализа, чтобы исследовать, какие показатели могут отражать эффективность работы инновационной инфраструктуры региона. Для статьи были выбраны такие показатели, как: уровень инновационной активности в регионе (x_1), количество новых рабочих мест, созданных в инновационной сфере (x_2), объем запущенных на рынок инновационных продуктов или услуг (x_3) [2,3]. На третьем этапе был выбран метод исследования – регрессионный анализ, и собраны данные по выделенным показателям.

Целью исследования является оценка эффективности работы инновационной инфраструктуры региона с помощью регрессионного анализа.

1. Пути решения описываемой проблемы. Далее перейдем к построению множественной регрессии [4, 5]. Значениями факторов примем: уровень инновационной активности в регионе; количество новых рабочих мест, созданных в инновационной сфере; количество запущенных на рынок инновационных продуктов или услуг; уровень инвестиций в инновационную деятельность на территории региона (x). Значение интегрального показателя (y) – эффективность работы инновационной инфраструктуры.

В таблице 1 представлена балльно-рейтинговая система оценки эффективности работы инновационной инфраструктуры.

Таблица 1. Балльно-рейтинговая система оценки эффективности работы инновационной инфраструктуры

Показатели	Рейтинг показателей	Высший	Низший	Условия снижения критерия
Уровень инновационной активности в регионе (x_1)	5	10 % выше – 5 баллов	Менее 2 % – 0 баллов	За каждый 1 % снижения, по сравнению с 10 %, снимается по 0,3 балла
Количество новых рабочих мест, созданных в инновационной сфере (x_2)	5	2 тыс. ед. и выше – 5 баллов	Менее 0,3 тыс. ед. – 0 баллов	За каждый 0,5 тыс. ед. снижения, по сравнению с 2 тыс. ед., снимается по 1 баллу
Объем запущенных на рынок инновационных продуктов или услуг (x_3)	5	1 000 000 млн. руб. и выше – 5 баллов	менее 10 000 млн. руб. – 0 баллов	За каждый 100 000 млн. руб. снижения, по сравнению с 1 000 000 млн. руб., снимается по 0,3 балла
Итого	15			

С помощью применения множественной регрессионной модели можно будет увидеть связь между интегральным показателем и коэффициентами, которые являются важными при оценке эффективности работы инновационной инфраструктуры [6].

В таблице 2 представлены исходные данные для построения регрессионной модели. Модель будет строиться, исходя из 3 оценочных показателей (x) и 27 выбранных регионов РФ.

Таблица 2. Исходные данные

Регион РФ	Уровень инновационной активности в регионе (x_1), %	Количество новых рабочих мест, созданных в инновационной сфере (x_2), тыс. ед.	Объем запущенных на рынок инновационных продуктов или услуг (x_3), млн. руб.	Оценка эффективности работы инновационной инфраструктуры (y), балл
Рязанская область	10,2	0,86	618 964,40	9
Смоленская область	6,4	0,22	436 145,60	6,8

г. Москва	11,3	2,29	644 641,60	11
г. Санкт-Петербург	15	15,42	22 739 663,30	15
Ярославская область	10,6	15,6	6 301 478,60	15
Республика Дагестан	3,1	1,91	141 446,50	6
Чеченская Республика	2	1,86	108 255,40	5
Республика Башкортостан	14,8	0,48	2 509 570,90	12
Республика Татарстан	32	1,42	5 034 628,50	14,6
Пермский край	11,6	1,1	2 218 978,10	13
Курганская область	11,8	1,66	249 349,80	10
Челябинская область	12,1	1,68	2 525 425,60	13,7
Красноярский край	7	0,52	3 663 909,20	11
Иркутская область	6,9	0,62	2 224 371,10	10,7
Республика Бурятия	4,4	0,5	323 436,90	6,1
Амурская область	6,8	0,57	424 048,60	7,3
Белгородская область	15,13	1,88	1561370,02	12,40
Брянская область	12,09	3,75	496301,15	7,97
Владимирская область	9,87	2,30	796397,78	10,20
Республика Карелия	5,49	0,19	305673,10	5,75
Республика Коми	10,74	0,77	1198694,98	8,80
Краснодарский край	5,02	0,71	2808036,75	7,90
Астраханская область	6,09	0,97	650317,87	6,90
Волгоградская область	8,17	1,02	1021632,25	9,20
Нижегородская область	15,36	1,14	2125409,56	12,00
Оренбургская область	6,99	0,32	1614452,98	7,50
Пензенская область	14,59	0,59	416773,37	11,10

Далее проверим все 4 условия Гаусса – Маркова [7].

1. Критерий поворотных точек. Остатки признаются случайными, если фактическое число поворотных точек (p) больше критического числа (q). В таблице 3 представлены расчетные значения p и q .

Таблица 3. Расчетные значения p и q

Наименование показателя	Значение
q	14,5506
p	22

Таким образом, по таблице 3 можно сделать вывод о том, что критерий поворотных точек выполняется.

2. R/S критерий. Нормальный закон распределения остатков можно проверить с помощью R/S критерия. Остатки признаются нормально распределёнными, если выполняется неравенство (1):

$$(R/S)_1 \leq R/S \leq (R/S)_2 \tag{1}$$

Таким образом, было получено следующее неравенство:

$$3,34 \leq 3,74 \leq 4,71 \tag{2}$$

Следовательно, неравенство выполняется и можно сделать вывод о том, что остатки признаются нормально распределенными.

Проверим 3-е условие Гаусса – Маркова: с учетом того, что $M(\varepsilon_i) = M(\varepsilon_j) = 0$, с помощью критерия Дарбина-Уотсона. Для оценки корреляции используется статистика, ниже представлена формула для её расчета (3):

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} = \frac{1242,97963}{934,09563} = 1,33068. \tag{3}$$

Для определения наличия автокорреляции остатков между соседними членами ряда используется критерий Дарбина – Уотсона. Остатки должны быть случайными, но иногда каждое следующее значение остатков зависит от предшествующих. В этом случае имеет место автокорреляции в остатках (рис. 1).

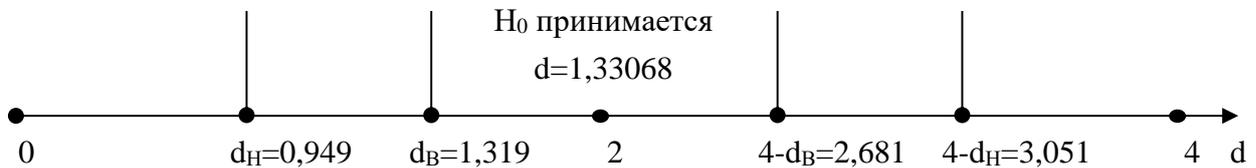


Рис. 1. Графическая интерпретация критерия Дарбина – Уотсона

Из рисунка 1 видно, что $d=1,33068$ находится между d_B и $4-d_B$, следовательно, принимается гипотеза об отсутствии автокорреляции в остатках.

3. Тест Голфелда-Кванда определения гетероскедастичности остатков.

Если для каждого значения фактора остатки имеют одинаковую дисперсию, это называется гомоскедастичностью. Если это условие не соблюдается, то имеет место гетероскедастичность.

В результате анализа были построены две регрессионные модели, после чего были рассчитаны суммы остатков. Далее было рассчитано фактическое значение теста Голфелда-Кванда по формуле (4):

$$F = \frac{\max(S_1, S_2)}{\min(S_1, S_2)} = \frac{43,2485}{10,9361} = 3,95 \tag{4}$$

Таким образом, фактическое значение теста Голфелда-Кванда = 3,95, F критическое = 5,05, следовательно, фактическое значение меньше критического, то есть гетероскеданстичности нет. В результате (4) условие теоремы Гаусса – Маркова выполняется. Так как все условия выполняются, то можно использовать стандартный классический регрессионный анализ. Также было проверено наличие мультиколлинеарности между факторами. В таблице 4 представлена матрица парных линейных коэффициентов корреляции.

Таблица 4. Матрица парных линейных коэффициентов корреляции

1	0,164947766	0,320834593
0,164947766	1	0,776882747
0,320834593	0,776882747	1

Далее был посчитан определитель матрицы: $\text{Det}|R|= 0,348537341$. Можно сделать вывод о том, что определитель матрицы межфакторной корреляции отличен от нуля, отсюда следует вывод об отсутствии мультиколлинеарности.

Далее, после того, как рассчитали определитель матрицы межфакторной корреляции, проведем регрессионный анализ, чтобы построить уравнение регрессии, который представлен в таблице 5.

Таблица 5. Регрессионный анализ

Регрессионная статистика					
Множественный R	0,83860320				
R-квадрат	0,70325534				
Нормированный R-квадрат	0,66454951				
Стандартная ошибка	1,72269577				
Наблюдения	27				
Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	3	161,761491	53,9204971	18,16923781	0,0000028819
Остаток	23	68,2566571	2,96768074		
Итого	26	230,018148			
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%
Y-пересечение	5,75659083	0,69812687	8,24576599	0,000000025	4,312405360
Переменная X 1	0,33027977	0,06186545	5,33867862	0,000020215	0,202301336
Переменная X 2	0,24086454	0,13863813	1,73736136	0,095698357	-0,045930296
Переменная X 3	0,00000007	0,00000013	0,60451602	0,551418126	-0,000000190

После проведения регрессионного анализа были получены следующие коэффициенты по каждой из переменных x (табл. 6).

Таблица 6. Значения коэффициентов по переменным

	Коэффициенты
Y-пересечение	5,75659083
Переменная X_1	0,33027977
Переменная X_2	0,24086454
Переменная X_3	0,00000007

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$Y = 5,75659083 + 0,33027977x_1 + 0,24086454x_2 + 0,00000007x_3. \quad (5)$$

Полученное уравнение регрессии отражает взаимосвязь между оценкой эффективности работы инновационной инфраструктуры, уровнем инновационной активности в регионе, количеством новых рабочих мест, созданных в инновационной сфере и объемом запущенных на рынок инновационных продуктов или услуг.

Из уравнения видно, что с ростом уровня инновационной активности в регионе показатель эффективности работы инновационной инфраструктуры возрастает на 0,33027977. Рост показателя количества новых рабочих мест приводит к увеличению показателя эффективности работы инновационной инфраструктуры на 0,24086454. Рост показателя объемов, запущенных на рынок инновационных продуктов или услуг, приводит к увеличению показателя эффективности работы инновационной инфраструктуры на 0,00000007.

Таким образом, было выявлено уравнение, которое позволит оценить эффективность работы инновационной инфраструктуры.

Выполнив регрессионный анализ, можно прийти к выводу, что значение коэффициента множественной корреляции расположено ближе к 1 и составляет 0,83860320 единиц, то есть наблюдается тесная связь между признаками.

Такой подход, основанный на использовании множественной регрессии при оценке эффективности работы инновационной инфраструктуры, подходит для применения, поэтому,

для большей эффективности, рекомендуется проводить данную работу с периодичностью раз в полгода.

Заключение. В статье было предложено уравнение, которое позволит оценить эффективность работы инновационной инфраструктуры. Рассматривается процесс формирования многоуровневой системы ключевых показателей (КРІ) для оценки эффективности региональной инновационной инфраструктуры. Выделены основные компоненты инновационной инфраструктуры, определены показатели для каждой из них, а также предложены методы их измерения.

В качестве основного метода анализа использовалась регрессионная модель, которая позволила выявить наиболее значимые факторы, влияющие на развитие инновационной инфраструктуры. Основным выводом статьи заключается в том, что разработка многоуровневой системы КРІ является необходимым условием для эффективного управления инновационной инфраструктурой и достижения поставленных целей в этой области.

В результате исследования выявлено, что сбор и анализ данных, определение целей и задач, разработка системы КРІ и ее внедрение на всех уровнях управления инновационной инфраструктурой региона позволяют оценить эффективность работы инновационной инфраструктуры региона и принимать управленческие решения на основе фактических данных. Таким образом, формирование многоуровневой системы ключевых показателей (КРІ) региональной инновационной инфраструктуры является важным инструментом для оценки и повышения эффективности работы инновационной инфраструктуры региона и достижения поставленных целей.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 23-28-00395.

Список источников

1. Раевич А.С. Оценка ключевых показателей эффективности предприятия / А.С. Раевич // Молодой ученый, 2020. – № 49 (339). – С. 138-142.
2. Мансурова Ю.Т. Эконометрика: курс лекций: учебное пособие / Ю.Т. Мансурова, П.А. Туктарова // Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2022. – URL: https://uust.ru/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/EI_izd/2022%E2%80%9090173.pdf (дата обращения: 12.01.24).
3. Шаповалов Д.А. Аналитические средства: математическая экономика и эконометрика / Д.А. Шаповалов, Д.А. Хабаров // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral», 2020. – №3. – С. 387-393.
4. Горбачевская Т.С. Использование трендовых моделей для прогнозирования экономических процессов / Т.С. Горбачевская, А.Н. Богатова, А.Д. Трофимова и др. // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet», 2020. – № 5. – С. 235-239.
5. Клисторин В.И. О математике в экономической науке / В.И. Клисторин // Всероссийский экономический журнал ЭКО, 2020. – №11. – С. 38-58.
6. Муравьева В.С. Основные составляющие организационно-экономического моделирования / В.С. Муравьева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2021. – № 172(08). – С. 1-19.
7. Куницына А.Г. Прогнозирование с помощью регрессионного анализа / А.Г. Куницына, Л.А. Винковская // Журнал Достижения науки и образования, 2020. – № 2. – С. 17-19.

Ялтонская Диана Ильвировна. Ассистент кафедры экономики предпринимательства Уфимского университета науки и технологий, diana.khamidullina.2016@mail.ru, Россия, Республика Башкортостан, Уфа, ул. Карла Маркса 12.

Дмитриева Ирина Вадимовна. Старший преподаватель кафедры экономики предпринимательства Уфимского университета науки и технологий. Россия, Республика Башкортостан, Уфа, ул. Карла Маркса 12.

Туктарова Полина Андреевна. Кандидат экономических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского, ptuktarova@gmail.com, Россия, Иркутская область, Иркутский район, поселок Молодежный.

UDC 330.42

DOI:10.25729/ESI.2025.37.1.011

Formation of a multi-level system of key indicators (KPI) of regional innovation infrastructure

Polina A. Tuktarova¹, Irina V. Dmitrieva², Diana I. Yaltonskaya²

¹Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky,
Russia, Irkutsk region, Molodezhny settlement, ptuktarova@gmail.com

²Ufa university of science and technology,
Russia, Ufa

Abstract. The article discusses key indicators for assessing the efficiency of the region's innovation infrastructure using regression analysis.

The work highlights the stages of forming a system of key KPI indicators. The first step was to define goals and objectives for creating a multi-level system of KPI performance indicators. The second step is to determine the key indicators for further analysis in order to explore which indicators may reflect the effectiveness of the region's innovation infrastructure. For the article, the following indicators were selected: the level of innovation activity in the region (x1), the number of new jobs created in the innovation sector (x2), the volume of innovative products or services launched on the market (x3). The third step was to collect data on selected indicators and then select a research method - regression analysis.

The article examines the process of forming a multi-level system of key indicators (KPIs) to assess the effectiveness of regional innovation infrastructure. The main components of the innovation infrastructure were identified, and indicators for each of them were determined.

A regression model was used as the main method of analysis, which made it possible to identify the most significant factors influencing the development of innovation infrastructure. The main conclusion of the article is that the development of a multi-level KPI system is a necessary condition for the effective management of innovation infrastructure and achieving goals in this area.

Keywords: key indicators, KPI, multi-level system, innovation infrastructure, multiple regression

Acknowledgments: The study was carried out with financial support from the Russian Science Foundation within the framework of scientific project № 23-28-00395.

References

1. Rayevich A.S., Otsenka pokazateley effektivnosti predpriyatiya [Assessment of enterprise performance indicators]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2020, no. 49 (339), pp. 138-142.
2. Mansurova Yu.T., Tuktarova P.A. *Ekonometrika: kurs lektsiy: uchebnoye posobiye* [Econometrics: course of lectures: textbook]. UGATU, 2022, available at: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2022-173.pdf (accessed: 01/12/24).
3. Shapovalov D.A., Khabarov D.A. *Analiticheskiye sredstva: matematicheskaya ekonomika i ekonometrika* [Analytical tools: mathematical economics and econometrics]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologiy "Integral"* [International journal of applied sciences and technologies "Integral"], 2020, no. 3, pp. 387-393.
4. Gorbachevskaya T.S., Bogatova A.N., Trofmova A.D., et al. *Ispol'zovaniye trendovykh modeley dlya prognozirovaniya ekonomicheskikh protsessov* [Using trend models to predict economic processes]. *Nauchno-obrazovatel'nyy zhurnal dlya studentov i prepodavateley "StudNet"* [Scientific and educational journal for students and teachers "StudNet"], 2020, no. 5, pp. 235-239.
5. Klistorin V.I. *O matematike v ekonomicheskoy nauke* [On mathematics in economics]. *Vserossiyskiy ekonomicheskii zhurnal EKO* [All-Russian economic journal ECO], 2020, no. 11, pp. 38-58.
6. Muravieva V.S. *Osnovnye sostavlyayushchie organizatsionno-ekonomicheskogo modelirovaniya* [The main components of organizational and economic modeling]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University], 2021, no. 172 (08), pp. 1-19.
7. Kunitsyna A.G., Vinskovskaya L.A. *Prognozirovaniye s pomoshchyu regressionnogo analiza* [Forecasting using regression analysis]. *Zhurnal Dostizheniya nauki i obrazovaniya* [Journal of Science and Education Achievements], 2020, no. 2, pp. 17-19.

Yaltonskaya Diana Ilvirovna. Assistant of the department of economics of entrepreneurship, Ufa university of sciences and technologies, *diana.khamidullina.2016@mail.ru*, Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Karl Marx 12.

Dmitrieva Irina Vadimovna. Senior lecturer of the department of economics of entrepreneurship, Ufa university of sciences and technologies, Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Karl Marx 12.

Tuktarova Polina Andreevna. PhD in economics of the department of computer science and mathematical research, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk region, Irkutsk distrikt, Molodezhny settlement, *ptuktarova@gmail.com*.

Статья поступила в редакцию 20.12.2024; одобрена после рецензирования 17.01.2025; принята к публикации 13.02.2025.

The article was submitted 12/20/2024; approved after reviewing 01/17/2025; accepted for publication 02/13/2025.