

Управление инвестициями и инновационной деятельностью

Investment and innovation activity management

Научная статья
УДК 338.001.36
DOI: 10.14529/em230111

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Е.А. Вечкинзова, kvin07@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2543-625X>
Л.П. Стеблякова, larissastkaz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6074-5192>
Государственный университет управления, Москва, Россия

Аннотация. Статья посвящена развитию теории и практики управления региональными инновационными экосистемами на основе применения методов непараметрического анализа для определения оптимального сочетания элементов инновационной экосистемы и повышения эффективности ее функционирования. На базе метода анализа среды функционирования (DEA) авторы статьи исследовали эффективность функционирования 12-ти региональных инновационных экосистем Российской Федерации с позиций вложенных ресурсов и полученных результатов согласно моделям с постоянным и переменным эффектом масштаба. Применение метода DEA позволило выявить неоптимальные взаимосвязи/взаимозависимости элементов инновационных экосистем и определить управленческие воздействия, направленные на устранение неоптимального использования ресурсов и низкой результативности данных систем с целью обеспечения их устойчивого и эффективного функционирования и развития. При этом были определены эталонные экосистемы в исследуемой совокупности и их основные параметры, на основе которых авторы разработали рекомендации по управлению неэффективными региональными инновационными экосистемами, совершенствованию их конфигурации и повышению эффективности их деятельности.

Ключевые слова: непараметрический анализ, анализ среды функционирования, DEA, сравнительная эффективность, граница производственных возможностей, постоянный эффект масштаба, переменный эффект масштаба, инновационные экосистемы, управление, управление развитием

Для цитирования: Вечкинзова Е.А., Стеблякова Л.П. Применение методов непараметрического анализа в управлении развитием инновационных экосистем // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2023. Т. 17, № 1. С. 121–132. DOI: 10.14529/em230111

Original article
DOI: 10.14529/em230111

APPLICATION OF NONPARAMETRIC ANALYSIS METHODS IN MANAGING THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ECOSYSTEMS

E.A. Vechkinzova, kvin07@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2543-625X>
L.P. Steblyakova, larissastkaz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6074-5192>
State University of Management, Moscow, Russia

Abstract. The article is devoted to the development of a methodology for managing regional innovation ecosystems based on the use of non-parametric analysis methods to determine the optimal combination of elements of the innovation ecosystem and improve the efficiency of its functioning. Based on the method of analysis of the functioning environment (DEA), the authors of the article investigated the effectiveness of the functioning of 12 regional innovation ecosystems of the Russian Federation from the standpoint of invested resources and the results obtained according to two models with constant and variable economies of

© Вечкинзова Е.А., Стеблякова Л.П., 2023

scale. Having identified the reference ecosystems in the study population and their main parameters, the authors developed recommendations for managing inefficient regional innovation ecosystems, improving their configuration and increasing the efficiency of their activities.

Keywords: non-parametric analysis, analysis of the operating environment, DEA, comparative efficiency, production possibilities frontier, constant economies of scale, variable economies of scale, innovation ecosystems, management, development management

For citation: Vechkinzova E.A., Steblyakova L.P. Application of nonparametric analysis methods in managing the development of innovative ecosystems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2023, vol. 17, no. 1, pp. 121–132. (In Russ.). DOI: 10.14529/em230111

Введение

В современных условиях хозяйствования, характеризующихся ростом конкурентной борьбы на общемировых рынках, а также усложнением геополитической обстановки и ростом санкционного давления на экономику России, критически важным для дальнейшего развития страны является повышение эффективности собственной национальной инновационной системы в целом и составляющих ее компонентов – региональных инновационных систем. При этом поиск путей совершенствования подходов к управлению инновационными системами актуализирует задачу определения наиболее эффективной конфигурации инновационной экосистемы как основы региональных инновационных систем.

Результативная инновационная деятельность как предприятий, так и регионов невозможна без эффективного функционирования объектов инновационной инфраструктуры, акторов научно-исследовательской деятельности, институтов финансового обеспечения, т. е. эффективной интеграции всех элементов инновационной экосистемы. Управление развитием данной системы должно быть направлено на повышение ее эффективности. Соответственно, целью исследования является практика применения методов нахождения оптимального сочетания элементов инновационной экосистемы как одной из актуальных задач управления ее развитием.

Для принятия обоснованных управленческих решений относительно развития инновационной экосистемы важно иметь исчерпывающую информацию о ее текущем состоянии и эффективности функционирования, что, в свою очередь, требует применения современных аналитических методов, в качестве которых могут выступать, например, методы непараметрического анализа, позволяющие оценить сравнительную эффективность функционирования объектов и разработать рекомендации по управлению результативностью их деятельности. Непараметрические методы не требуют предварительного определения формы производственной функции, что актуально для оценки эффективности региональных инновационных экосистем. Следовательно, оптимизация функциональных параметров может осуществляться отдельно

для каждой системы в определенных условиях. Непараметрические методы позволяют определить граничные производственные функции, по которым рассчитывается максимально достижимое соотношение входных и выходных параметров для каждой системы, являющейся объектом анализа. Применение методов непараметрического анализа также обоснованно при проведении выборочных исследований социально-экономических процессов, характеризующихся большим массивом информации. При этом эффективным инструментом, позволяющим компактно, но в то же время емко представлять необходимую информацию, является метод анализа среды функционирования Data Envelopment Analysis (DEA), используемый в данном исследовании.

Теория и методы исследования

В данном исследовании авторы опирались на понятие инновационной экосистемы Granstrand и Holgersson как эволюционирующей совокупности акторов, институтов, видов деятельности, артефактов и их взаимодополняющих и взаимозаменяющих отношений, формирующих инновационную деятельность как отдельной фирмы, так и всей экосистемы в целом [1]. Исходя из данного определения, один из методов управления развитием инновационной экосистемы заключается как в повышении эффективности деятельности каждого элемента инновационной экосистемы, так и эффективности деятельности инновационной экосистемы в целом. В рыночной экономике каждый элемент инновационной экосистемы стремится к увеличению объемов и максимизации результатов своей деятельности. В условиях ограниченных ресурсов эффективность управления проявляется в таком сочетании набора элементов инновационной экосистемы, которое приводит к максимизации результативности всей экосистемы, а не только отдельных ее элементов. Совокупность элементов инновационной экосистемы может быть оптимальной как с точки зрения затрат, так и результатов.

Таким образом, последовательными этапами управления развитием инновационных экосистем являются:

1. Анализ эффективности деятельности элементов экосистемы с точки зрения затрат и результатов.

2. Выявление «слабых мест» – неоптимальных элементов экосистемы и эталонных ориентиров.

3. Разработка и реализация управленческих решений по устранению причин неоптимального функционирования элементов инновационной экосистемы и /или установлению стимулов, изменению способа организации и условий деятельности для достижения оптимальных результатов деятельности элементов инновационной экосистемы.

Данный метод управления развития инновационной экосистемы может быть реализован достаточно широким набором инструментов в части проведения анализа эффективности деятельности элементов экосистемы. В рамках данного исследования авторы используют непараметрический анализ, позволяющий оценить сравнительную эффективность функционирования элементов инновационной экосистемы и разработать рекомендации по управлению результативностью их деятельности.

Для проведения непараметрического анализа были выбраны данные об элементах инновационной экосистемы регионов Уральского и Сибирского федеральных округов. Эти федеральные округа являются соседними и имеют близкие географический, ресурсный и промышленный профили, что является важным в оценке как параметрической, так и непараметрической зависимостей: если одна (и более) инновационная экосистема может достичь эффективного / оптимального состояния, то и у других инновационных экосистем, находящихся в сходных условиях, есть такая возможность.

В качестве метода непараметрического анализа был выбран метод анализа среды функционирования (Data Envelopment Analysis, DEA), автором которого является J.M. Farrel [2], разработавший в 60-х годах XX века непараметрический метод измерения производственной эффективности. Далее этот метод развил А. Charnes [3], применив его в измерении эффективности подразделений, принимающих решения, а также в соавторстве с W. Cooper и E. Rhodes [4, 5] – в оценке эффективности управления реализацией программ и проектов. Этот метод значительно эволюционировал [6–8] и широко представлен в западной практике научных и практических исследований [9–13]. Пионерами российской практики использования метода DEA в исследованиях являются В.Е. Кривоножко и А. Лычев, которые рассматривали возможность применения метода анализа среды функционирования для анализа деятельности сложных экономических систем [14]. Позже метод DEA использовался российскими учеными для анализа различных сфер деятельности и объектов. Так, Е.П. Моргунов – в разработке инструментов поддержки принятия управленческих решений в сложных системах [15], С.В. Ратнер – в оценке эффективности функционирования экологических и экономических аспектов региональных систем

[16, 17], в финансовой и банковской сфере [18, 19], а также в отдельных аспектах развития инновационных систем [20, 21].

Суть метода DEA заключается в построении границы эффективности как границы производственных возможностей (производственная функция) в многомерном пространстве входных и выходных переменных [22]. Это огибающая гиперповерхность, которая строится по показателям деятельности системы. На этой границе лежат оптимальные объекты, в сравнении с остальными они дают наилучший результат [23]. В связи с конечным числом объектов в выборке граница эффективности имеет элементы, параллельные осям координат. Объект, который обеспечивает требуемую эффективность, иначе может быть назван системой, лежащей на границе эффективности по Парето [15]. Считается, что объекты используют определенные ресурсы на входе и производят их преобразование в продукцию конкретного вида на выходе. Относительно какого-либо объекта, Парето-эффективность означает, что невозможно увеличить один из выходов (уменьшить один из входов), чтобы в результате не уменьшить (увеличить) другой. Неэффективные объекты расположены внутри множества производственных возможностей или за границей эффективности [15]. Данная граница формируется в многомерном пространстве входов и выходов путем многократного решения оптимизационной задачи линейного программирования.

Базовыми моделями DEA-анализа являются:

– CCR-модель (Charnes, Cooper, Rhodes) с постоянным эффектом масштаба, подразумевающая, что с увеличением количества ресурса результат деятельности объекта также пропорционально увеличивается – абсолютная эффективность,

– ВСС-модель (Bunker, Charnes, Cooper) с переменным эффектом масштаба, в которой при увеличении количества ресурса результат деятельности объекта может меняться – текущая или ограниченная эффективность.

Эталонными являются объекты из исследуемой совокупности, лежащие на границе производственных возможностей, имеющие максимальный результат при фактических затратах (модель, ориентированная на выход) или минимальные затраты при заданных результатах (модель, ориентированная на вход). Их эффективность равна единице.

Непараметрический метод DEA позволяет избежать проблем неоднородности наблюдений и неодинаковой дисперсии случайной ошибки, к которым очень чувствительны результаты параметрических методов анализа (таких как регрессионные модели), и не требует соблюдения закона нормального распределения данных, выбранных для исследования.

В рамках проводимого исследования метод DEA позволяет определить сравнительную эффек-

тивность функционирования объектов (а данном случае – региональных инновационных экосистем) как с позиции вложенных ресурсов (входов), так и с позиции полученных результатов деятельности инновационных экосистем (выходов), определить эталонные инновационные экосистемы и параметры их элементов, дать рекомендации по управлению результативностью деятельности элементов неэффективных региональных инновационных экосистем.

В качестве показателей затрат (входов) региональных инновационных экосистем использовались:

- количество индустриальных парков и особых экономических зон (ОЭЗ),
- количество организаций, выполняющих НИР,
- численность работников, выполняющих НИР,
- внутренние затраты на НИР, млрд руб.,
- затраты на технологические инновации, млрд руб.

В качестве показателей результата (выходов) региональных инновационных экосистем использовались:

- объем инновационной продукции, млрд руб.,
- количество используемых передовых производственных технологий,
- объем ВРП, млрд руб.

Выбор показателей входов и выходов объясняется стремлением в качестве входов представить все ресурсные элементы инновационной экосистемы, но он ограничен количественными параметрами: для адекватности результатов применения метода количество входов и выходов не должно быть более 2/3 от количества исследуемых объектов (региональных инновационных экосистем). Показатель объема ВРП напрямую не демонстрирует эффективность инновационной деятельности соответствующей экосистемы, но авторы считают, что применение передовых производственных технологий опосредованно увеличивает ВРП региона. В связи с тем, что органы государственной статистики не собирают данные об объектах инновационной инфраструктуры в регионах, для исследования были использованы данные, размещенные в открытом доступе на сайтах «Инновационная инфраструктура и основные показатели инновационной деятельности субъектов Российской Федерации» [24], «Индустриальные парки и технопарки России» [25], «Аналитический центр Эксперт» [26], «Индустриальные парки и ОЭЗ России» [27].

Учитывая, что сравнительная эффективность инновационных экосистем регионов УрФО и СФО проводилась в рамках одного года (2020), для анализа были отобраны регионы, в которых присутствуют все выбранных показатели. Фактические по-

казатели входов и выходов региональных инновационных экосистем представлены в табл. 1.

Результаты исследования

Применение метода DEA в исследовании эффективности региональных инновационных экосистем выполнялось с использованием ПО DEAP (<http://www.uq.edu.au/economics/cera/deap.php>).

Результат анализа моделей, ориентированных на минимизацию входных ресурсов представлен в табл. 2.

Как видно из табл. 2 абсолютная эффективность, ориентированная на минимизацию ресурсов, наблюдается у 7 региональных инновационных экосистем из 12. Причем 2 неэффективные инновационные экосистемы (Челябинской и Новосибирской областей) практически достигли границы производственной возможности и при соответствующих управленческих решениям могут в будущем периоде стать абсолютно эффективными. Это предположение подтверждается тем, что в модели переменного эффекта масштаба эти экосистемы, а также инновационная экосистема Алтайского края обладают ограниченной эффективностью. Таким образом, 10 из 12 инновационных экосистем (или 83,3 %) относительно эффективно используют ресурсы (элементы) своих экосистем. Часто достижение абсолютной эффективности невозможно в силу технологических или физических ограничений элементов экосистемы. В этой связи управленческая задача оптимизации входящих ресурсов стоит прежде всего для Иркутской и Томской областей.

В табл. 3 представлены результаты анализа моделей, ориентированных на максимизацию результатов.

На основании данных табл. 3 можно говорить о совпадении неэффективных региональных инновационных экосистем с моделями, ориентированными на вход: значения показателей постоянного эффекта от масштаба полностью совпадают в моделях, ориентированных и на вход, и на выход. То есть этим неэффективным инновационным экосистемам необходимо как оптимизировать использование ресурсов, так и увеличить результативность бизнес-процессов инновационной деятельности. По значениям ограниченной эффективности региональные инновационные экосистемы также совпадают – неэффективны Иркутская и Томская области. Однако значения показателей неэффективности для этих инновационных экосистем незначительно, но отличаются от значений, ориентированных на минимизацию ресурсов.

На рисунке графически представлены значения абсолютной и ограниченной эффективности моделей, ориентированных на минимизацию затрат и на максимизацию результатов деятельности региональных инновационных экосистем.

Таблица 1

Исходные данные региональных инновационных экосистем за 2020 год [14–17]

Региональные инновационные экосистемы	Ресурсы (входы)				Результаты (выходы)			
	Инд. парки и ОЭЗ	Организации, выполняющие НИР	Работники, выполняющие НИР	Внутренние затраты на НИР, млрд руб.	Затраты на тех. инновации, млрд руб.	Объем иннов. продукции, млрд руб.	Используемые передовые технологии	ВРП, млрд руб.
	Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Вход 5	Выход 1	Выход 2	Выход 3
Курганская область	1	11	679	0,47	1,67	5,3	1238	242,3
Свердловская область	6	126	20849	29,37	45,72	185,5	15026	2529,7
Тюменская область	2	33	5626	16,00	13,46	175,5	2401	1166,2
Ханты-Мансийский АО	3	18	1462	3,76	35,70	39,7	2180	3353,3
Челябинская область	3	67	15735	24,80	22,01	78,1	5379	1615,1
Алтайский край	3	36	2698	2,03	8,89	11,5	2847	671,6
Иркутская область	3	43	4074	6,13	43,28	17,0	2583	1505,1
Кемеровская область	2	28	1188	1,77	33,98	38,0	3896	1038,0
Красноярский край	3	71	8334	26,59	53,85	135,4	3932	2722,6
Новосибирская область	7	113	21346	27,54	11,31	28,5	3365	1356,8
Омская область	4	41	4217	5,73	14,51	132,4	3326	763,4
Томская область	3	59	9862	16,12	13,62	18,5	1713	556,9

Таблица 2

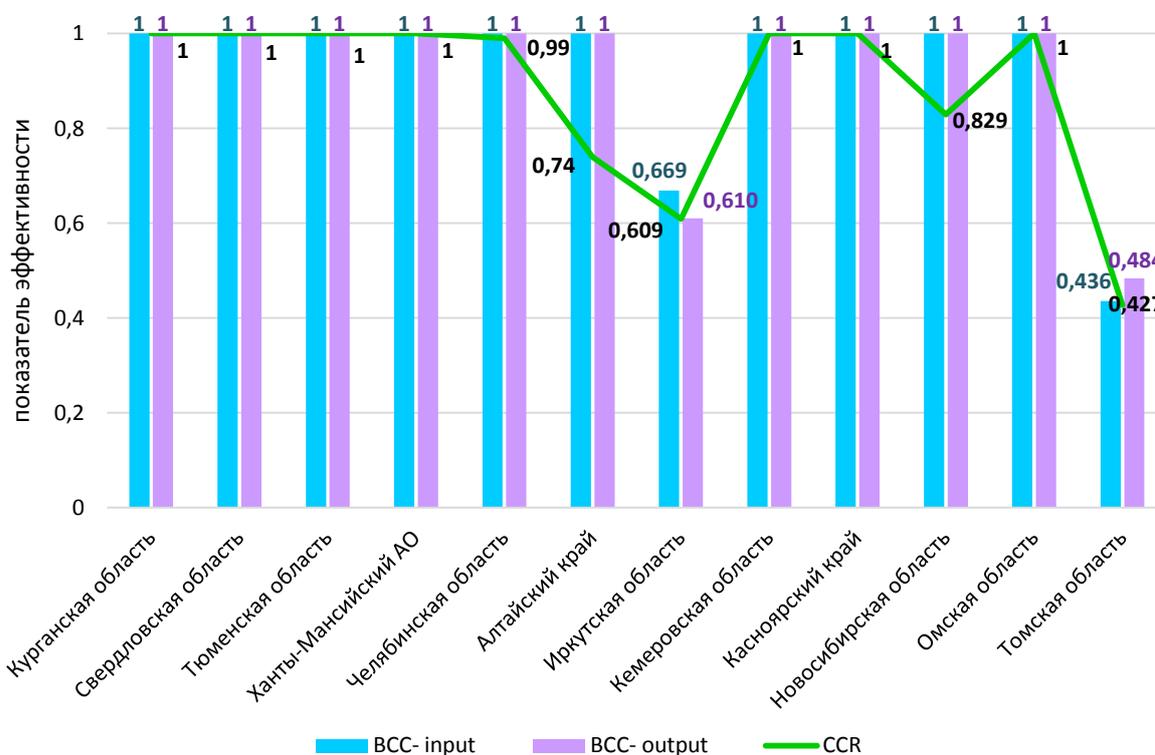
Результат анализа моделей, ориентированных на минимизацию входных ресурсов инновационных экосистем

Региональные инновационные экосистемы	CCR-input (постоянный эффект масштаба)		BCC-input (переменный эффект масштаба)	
	Значение	Заключение об абсолютной эффективности	Значение	Заключение о ограниченной эффективности
Курганская область	1	эффективна	1	эффективна
Свердловская область	1	эффективна	1	эффективна
Тюменская область	1	эффективна	1	эффективна
Ханты-Мансийский АО	1	эффективна	1	эффективна
Челябинская область	0,99	неэффективна	1	эффективна
Алтайский край	0,74	неэффективна	1	эффективна
Иркутская область	0,609	неэффективна	0,66879	неэффективна
Кемеровская область	1	эффективна	1	эффективна
Красноярский край	1	эффективна	1	эффективна
Новосибирская область	0,829	неэффективна	1	эффективна
Омская область	1	эффективна	1	эффективна
Томская область	0,427	неэффективна	0,43601	неэффективна

Таблица 3

Результат анализа моделей, ориентированных на максимизацию результатов (выходов)
инновационных экосистем

Региональные инновационные экосистемы	CCR-output (постоянный эффект масштаба)		BCC-output (переменный эффект масштаба)	
	Значение	Заключение об абсолютной эффективности	Значение	Заключение о ограниченной эффективности
Курганская область	1	эффективна	1	эффективна
Свердловская область	1	эффективна	1	эффективна
Тюменская область	1	эффективна	1	эффективна
Ханты-Мансийский АО	1	эффективна	1	эффективна
Челябинская область	0,99	неэффективна	1	эффективна
Алтайский край	0,74	неэффективна	1	эффективна
Иркутская область	0,609	неэффективна	0,61006	неэффективна
Кемеровская область	1	эффективна	1	эффективна
Красноярский край	1	эффективна	1	эффективна
Новосибирская область	0,829	неэффективна	1	эффективна
Омская область	1	эффективна	1	эффективна
Томская область	0,427	неэффективна	0,48393	неэффективна



Результаты DEA-анализа эффективности региональных инновационных экосистем УрФО и СФО в 2020 году

Рассмотрим рекомендованные в результате DEA-анализа значения показателей для минимизации ресурсов в модели ограниченной эффективности ВСС-input (табл. 4) и значения показателей для максимизации результатов в модели ограниченной эффективности ВСС-output (табл. 5).

Представленные в табл. 4 рекомендации демонстрируют, что для достижения эффективности инновационной экосистеме Иркутской области в оптимизации ресурсов необходимо ориентироваться на соотношение ресурсов в Курганской,

Кемеровской областях и Ханты-Мансийском АО и сократить на треть количество объектов инновационной инфраструктуры, в два раза количество организаций, занимающихся НИР и затраты на технологические инновации, почти в три раза сократить численность исследователей и объем внутренних затрат на НИР. При рекомендуемых значениях затрат необходимо увеличить минимум в два раза объем произведенной инновационной продукции при сохранении значений остальных показателей результатов.

Таблица 4

Рекомендуемые целевые значения показателей региональных инновационных экосистем для модели ограниченной эффективности, ориентированной на минимизацию ресурсов

№	Региональные инновационные экосистемы	Инновационные экосистемы-эталоны	Целевые значения показателей ресурсов				Целевые значения показателей результатов			
			Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Вход 5	Выход 1	Выход 2	Выход 3
1	Курганская область		1	11	679	0,469	1,6736	5,3	1238	242,3
2	Свердловская область		6	126	20849	29,366	45,7161	185,5	15026	2529,7
3	Тюменская область		2	33	5626	16,003	13,456	175,5	2401	1166,2
4	Ханты-Мансийский АО		3	18	1462	3,758	35,7029	39,7	2180	3353,3
5	Челябинская область		3	67	15735	24,798	22,0083	78,1	5379	1615,1
6	Алтайский край		3	36	2698	2,025	8,8866	11,5	2847	671,6
7	Иркутская область	Курганская область (0,297686); Ханты-Мансийский АО (0,304051); Кемеровская область (0,398263)	2,0	19,9	1119,8	1,986	24,8865	28,78	2583	1505,1
8	Кемеровская область		2	28	1188	1,768	33,9795	38	3896	1038
9	Красноярский край		3	71	8334	26,587	53,8459	135,4	3932	2722,6
10	Новосибирская область		7	113	21346	27,544	11,3111	28,5	3365	1356,8
11	Омская область		4	41	4217	5,725	14,5099	132,4	3326	763,4
12	Томская область	Курганская область (0,869616); Свердловская область (0,025314); Тюменская область (0,028686); Ханты-Мансийский АО (0,064592); Красноярский край (0,011793)	1,38	15,7	1472,3	2,167	5,9397	18,5	1713	556,9

Примечание: цветом отмечены рекомендованные целевые показатели, значения которых изменились по сравнению с фактическими.

Таблица 5

Рекомендуемые целевые значения показателей региональных инновационных экосистем для модели ограниченной эффективности, ориентированной на максимизацию результатов

№	Региональные инновационные экосистемы	Инновационные экосистемы-эталоны	Целевые значения показателей ресурсов				Целевые значения показателей результатов			
			Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Вход 5	Выход 1	Выход 2	Выход 3
1	Курганская область		1	11	679	0,469	1,6736	5,3	1238	242,3
2	Свердловская область		6	126	20849	29,366	45,7161	185,5	15026	2529,7
3	Тюменская область		2	33	5626	16,003	13,456	175,5	2401	1166,2
4	Ханты-Мансийский АО		3	18	1462	3,758	35,7029	39,7	2180	3353,3
5	Челябинская область		3	67	15735	24,798	22,0083	78,1	5379	1615,1
6	Алтайский край		3	36	2698	2,025	8,8866	11,5	2847	671,6
7	Иркутская область	Свердловская область (0,113568); Ханты-Мансийский АО (0,539737); Кемеровская область (0,340705); Красноярский край (0,005990)	3	33,99	3611,56	6,125	36,362	56,3	4234,2	2467,15
8	Кемеровская область		2	28	1188	1,768	33,9795	38	3896	1038
9	Красноярский край		3	71	8334	26,587	53,8459	135,4	3932	2722,6
10	Новосибирская область		7	113	21346	27,544	11,3111	28,5	3365	1356,8
11	Омская область		4	41	4217	5,725	14,5099	132,4	3326	763,4
12	Томская область	Курганская область (0,531001); Свердловская область (0,114235); Ханты-Мансийский АО (0,118862); Челябинская область (0,056078); Новосибирская область (0,179824)	3	46,45	7636,9	10,394	13,623	38,2	3539,8	1150,78

Примечание: цветом отмечены рекомендованные целевые показатели, значения которых изменились по сравнению с фактическими.

В модели, ориентированной на результат (см. табл. 5), Иркутской области рекомендуется незначительное снижение (около 20 %) количества организаций и исследователей, занимающихся НИР, и затрат на технологические инновации. При том же количестве объектов инновационной инфраструктуры и объеме внутренних затрат на НИР необходимо в три раза увеличить объем производимой инновационной продукции и почти в полтора раза количество используемых передовых технологий и объем ВРП.

Для инновационной экосистемы Томской области, согласно табл. 4 и 5, эталонами будут являться инновационные экосистемы Курганской, Свердловской, Челябинской, Новосибирской областей и Ханты-Мансийский АО. Для оптимизации затрат результаты DEA-анализа предлагают значительно (почти в 5 раз) сократить численность исследователей и количество организаций, занимающихся НИР, а также объем внутренних затрат на НИР; вдвое уменьшить количество объектов инновационной инфраструктуры и затраты на технологические инновации при сохранении заданной результативности инновационной экосистемы.

Модель, ориентированная на результаты для инновационной экосистемы Томской области, рекомендует сокращение в пределах 10 % численности исследователей, количество организаций, занимающихся НИР и внутренних затрат на НИР при увеличении в два раза показателей результативности инновационной экосистемы.

Несмотря на такую значительную разницу между фактическими и расчётными показателями инновационных экосистем, подчеркнем, что полученные рекомендации основаны на том, что в рассматриваемой совокупности региональных инновационных экосистем более 80 % экосистем, находящихся в сходных географических, экономических и технологических условиях, достигли рекомендуемых пропорций соотношения затрат и результатов и достигли границы производственной эффективности.

Выводы и перспективы исследования

Проведенные исследования показали, что анализ среды функционирования представляет собой современный универсальный инструмент оценки деятельности субъектов принятия управленческих решений, позволяющий оценить эффективность управляемой системы и учитывающий большое множество различных входных и выходных параметров системы. Несомненным преимуществом данного метода является возможность самостоятельного выбора пользователем входных и выходных параметров для измерения эффективности, что позволяет адаптировать метод под

множество оценок с различными целями. Так, рассмотренный в статье пример применения непараметрических методов анализа данных на основе анализа среды функционирования продемонстрировал возможность для выбранной совокупности и заданного периода времени рассчитать абсолютную и относительную эффективность функционирования инновационных экосистем. Выявление неоптимальных взаимосвязей/взаимозависимостей элементов инновационных экосистем позволит своевременно предпринять управленческие воздействия по устранению неоптимального использования ресурсов или низкой результативности, что является необходимым условием устойчивого и эффективного развития инновационной экосистемы.

Необходимо иметь в виду, что ограничения технологического и физического характера в функционировании элементов неэффективных инновационных экосистем не всегда возможно оперативно разрешить: например, ограниченность площади и/или мощностей инфраструктуры технологических, промышленных парков и ОЭЗ, количество организаций и исследователей, занимающихся НИР. Но в краткосрочном периоде могут быть скорректированы и перераспределены финансовые потоки, приоритетность проведения испытаний/исследований (в зависимости от перспективности и стадии новшества) на ограниченной мощности объектов инновационной инфраструктуры, что позволяет пересмотреть приоритеты текущей инновационной политики.

Таким образом, можно сделать вывод, что метод анализа среды функционирования обладает существенными преимуществами по сравнению с другими методами анализа эффективности, так как, во-первых, позволяет моделировать сложные ситуации, связывая между собой множество входных и выходных параметров, во-вторых, дает возможность выполнить количественные измерения эффективности для любого субъекта принятия решений относительно любого объекта (системы), в-третьих, снижает риск субъективных суждений при определении целей в области эффективности и относительно оценки эффективности при интеграции отдельных показателей в общий критерий эффективности.

Возможности использования метода DEA не ограничиваются оценкой эффективности региональных инновационных экосистем. Применение данного метода может расширяться как на уровень отдельно взятых бизнес-структур, так и на уровень региональных и национальных инновационных систем, поскольку адаптивность и содержащийся в данном методе потенциал позволяет использовать его на различных управленческих уровнях.

Список литературы

1. Granstrand O., Holgersson M. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition // *Technovation*. 2020. URL: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0166497218303870> (дата обращения: 27.11.2022). DOI: 10.1016/j.technovation.2019.102098
2. Farrell J. Michael the measurement of Productive efficiency // *Journal of the Royal Statistical Society*. 1957. Series A. General 125. Part 2. P. 252–267.
3. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of Decision-Making Units // *European journal of operational research*. 1978. Vol. 2. P. 429–444. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8
4. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through // *Management Science*. 1981. № 27. P. 668–697. DOI: 10.1287/mnsc.27.6.668
5. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis // *Management Science*. 1984. Vol. 9. P. 1078–1092. DOI: 10.1287/mnsc.30.9.1078
6. Banker R.D. Maximum Likelihood, Consistency and Data Envelopment Analysis: A Statistical Foundation // *Management Science*. 1993, October. Vol. 39, No. 10. P. 1265–1273. DOI: 10.1287/mnsc.39.10.1265
7. Banker R.D. Hypothesis Tests Using Data Envelopment Analysis // *The Journal of Productivity Analysis*. 1996. Vol. 7. P. 139–159. DOI: 10.1007/bf00157038
8. Coelli T., Prasada Rao D.S., Battese G.E. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 275 p.
9. Wang C., Nguyen X., & Wang Y. Automobile Industry Strategic Alliance Partner Selection: The Application of a Hybrid DEA and Grey Theory Model // *Sustainability*. 2016. Vol. 8 (2). P. 1–18. DOI: 10.3390/su8020173
10. Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software. Second Edition. Boston: Kluwer Academic Publishers. 2000. P. 2–99. DOI: 10.1007/b109347
11. Sowlati T., Paradi J.C. Establishing the «Practical Frontier» in Data Envelopment Analysis // *Efficiency and Productivity Analysis in the 21st Century: Abstracts of International DEA Symposium (24–26 June 2002, Moscow, Russia)* / Institute for Systems Analysis of Russian Academy of Sciences; Global S. Consulting Company. Moscow: International Research Institute of Management Sciences, 2002. P. 32–33.
12. Cidália L.P., Pérez J.P. El uso de la metodología DEA (Data Envelopment Analysis) para la evaluación del impacto de las TIC en la productividad del sector hotelero // *Varia*. 2013. Vol. 1. P. 1–13.
13. Junior P., Junior P., Pamplona E. et al. Mergers and Acquisitions: An Efficiency Evaluation // *Applied Mathematics*. 2013. Vol. 4, № 11. P. 1583–1589. DOI: 10.4236/am.2013.411213
14. Кривоножко В.Е., Лычев А.В. Анализ деятельности сложных социально-экономических систем. М.: Издательский отдел факультета ВМиК МГУ: МАКС Пресс. 2010. 208 с.
15. Моргунов Е.П. Система поддержки принятия решений при исследовании эффективности сложных систем: принципы разработки, требования и архитектура // *Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета*. 2007. № 3 (16). С. 59–63.
16. Ратнер С.В., Ратнер М.Д. Оценка эффективности систем регионального экологического менеджмента // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. 2017. № 7 (202). С. 8–16.
17. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Оценка степени соответствия модели экономического роста региона принципам устойчивого развития методом непараметрической оптимизации // *Региональная экономика: теория и практика*. 2018. Т. 16, № 9 (456). С. 1749–1765.
18. Пустовалова Т.А., Маркова А.В. Оценка качества управления коммерческим банком с помощью DEA-моделирования // *Экономика и управление*. 2016. № 4 (126). С. 39–47.
19. Вирабян С.Н. Измерение эффективности сделок по слиянию и поглощению: особенности применения метода DEA // *Наука*. 2017. № 6 (105). С. 58–65.
20. Рослякова Н.А. Использование методики DEA для оценки перспектив инновационного развития Северо-Запада // *Многофакторные вызовы и риски в условиях реализации стратегии научно-технологического и экономического развития макрорегиона «Северо-Запад»: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. 23–24 октября 2018, ИПРЭ РАН. СПб.: ГУАП, 2018. С. 67–73.*
21. Вечкинзова Е.А. Анализ эффективности функционирования региональных инновационных систем Казахстана // *Друкеровский вестник*. 2020. № 1. С. 329–340.
22. Федотов Ю.В. Хрестоматия: измерение эффективности организаций. Метод DEA. Измерение эффективности деятельности организации: особенности метода DEA (анализа свертки данных) // *Российский журнал менеджмента*. 2012. Т. 10, № 2. С. 51–62.

23. Порунов А.Н. Оценка сравнительной эффективности государственного менеджмента экологической безопасности в регионе методом DEA-анализа // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2016. С. 104–111.
24. Инновационная инфраструктура и основные показатели инновационной деятельности субъектов Российской Федерации. URL: https://www.miiir.ru/inno_infra (дата обращения: 26.11.2022).
25. Перечень промышленных парков России. URL: <https://russiaindustrialpark.ru/analytics> (дата обращения: 26.11.2022).
26. Рейтинг промышленных парков и особых экономических зон. URL: <https://acexpert.ru/publications?section=123> (дата обращения: 26.11.2022).
27. Промышленные парки и ОЭЗ России 2020. URL: <https://indparks.ru/materials/edition/> (дата обращения: 26.11.2022).

References

1. Granstrand O., Holgersson M. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 2020. URL: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0166497218303870> (accessed: 27.11.2022). DOI: 10.1016/j.technovation.2019.102098
2. Farrell J. Michael the measurement of Productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1957. Series A. General 125. Part 2, pp. 252–267.
3. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of Decision-Making Units. *European journal of operational research*, 1978, vol. 2, pp. 429–444. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8
4. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*, 1981, no. 27, pp. 668–697. DOI: 10.1287/mnsc.27.6.668
5. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 1984, vol. 9, pp. 1078–1092. DOI: 10.1287/mnsc.30.9.1078
6. Banker R.D. Maximum Likelihood, Consistency and Data Envelopment Analysis: A Statistical Foundation. *Management Science*, 1993, October, vol. 39, no. 10, pp. 1265–1273. DOI: 10.1287/mnsc.39.10.1265
7. Banker R.D. Hypothesis Tests Using Data Envelopment Analysis. *The Journal of Productivity Analysis*, 1996, vol. 7, pp. 139–159. DOI: 10.1007/bf00157038
8. Coelli T., Prasada Rao D.S., Battese G.E. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 275 p.
9. Wang C., Nguyen X., & Wang Y. Automobile Industry Strategic Alliance Partner Selection: The Application of a Hybrid DEA and Grey Theory Model. *Sustainability*, 2016, vol. 8 (2), pp. 1–18. DOI: 10.3390/su8020173
10. Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software*. Second Edition. Boston: Kluwer Academic Publishers. 2000, pp. 2–99. DOI: 10.1007/b109347
11. Sowlati T., Paradi J.C. Establishing the «Practical Frontier» in Data Envelopment Analysis. *Efficiency and Productivity Analysis in the 21st Century: Abstracts of International DEA Symposium (24–26 June 2002, Moscow, Russia)* / Institute for Systems Analysis of Russian Academy of Sciences; Global S. Consulting Company. Moscow: International Research Institute of Management Sciences, 2002, pp. 32–33.
12. Cidália L.P., Pérez J.P. El uso de la metodología DEA (Data Envelopment Analysis) para la evaluación del impacto de las TIC en la productividad del sector hotelero. *Varia*, 2013, vol. 1, pp. 1–13.
13. Junior P., Junior P., Pamplona E. et al. Mergers and Acquisitions: An Efficiency Evaluation. *Applied Mathematics*, 2013, vol. 4, no. 11, pp. 1583–1589. DOI: 10.4236/am.2013.411213
14. Krivonozhko V.E., Lychev A.V. *Analiz deyatel'nosti slozhnykh sotsial'no-ekonomicheskikh system* [Analysis of the activity of complex socio-economic systems]. Moscow, 2010. 208 p.
15. Morgunov E.P. Decision support system in the study of the effectiveness of complex systems: development principles, requirements and architecture. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta* [Bulletin of the Siberian State Aerospace University], 2007, no. 3 (16), pp. 59–63. (In Russ.)
16. Ratner S.V., Ratner M.D. Evaluation of the effectiveness of regional environmental management systems. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Volgograd State Technical University], 2017, no. 7 (202), pp. 8–16. (In Russ.)
17. Ratner S.V., Iosifov V.V. Assessment of the degree of compliance of the model of economic growth of the region with the principles of sustainable development by the method of non-parametric optimization. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional economy: theory and practice], 2018, vol. 16, no. 9 (456), pp. 1749–1765. (In Russ.)

18. Pustovalova T.A., Markova A.V. Evaluation of the quality of commercial bank management using DEA-modeling. *Ekonomika i upravlenie* [Economics and Management], 2016, no. 4 (126). С. 39–47. (In Russ.)
19. Virabyan S.N. Measuring the effectiveness of mergers and acquisitions: features of the DEA method. *Nauka*, 2017, no. 6 (105), pp. 58–65. (In Russ.)
20. Roslyakova N.A. Using the DEA methodology to assess the prospects for innovative development of the North-West. *Mnogofaktornye vyzovy i riski v usloviyakh realizatsii strategii nauchno-tehnologicheskogo i ekonomicheskogo razvitiya makroregiona «Severo-Zapad»* [Multifactorial challenges and risks in the context of implementing the strategy of scientific, technological and economic development of the North-West macroregion], St. Petersburg, 2018, pp. 67–73. (In Russ.)
21. Vechkinzova E.A. Analysis of the effectiveness of the functioning of regional innovation systems in Kazakhstan. *Drukerovskiy Vestnik* [Drucker Bulletin], 2020, no. 1, pp. 329–340. (In Russ.)
22. Fedotov Yu.V. Reader: measuring the effectiveness of organizations. DEA method. Measuring the performance of an organization: features of the DEA method (data convolution analysis). *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta* [Russian Journal of Management], 2012, vol. 10, no. 2, pp. 51–62. (In Russ.)
23. Porunov A.N. Evaluation of the comparative effectiveness of the state management of environmental safety in the region by the method of DEA-analysis. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Ekonomika i ekologicheskoy menedzhment»* [Scientific journal NRU ITMO. Series “Economics and Environmental Management”], 2016, pp. 104–111. (In Russ.)
24. *Innovatsionnaya infrastruktura i osnovnye pokazateli innovatsionnoy deyatel'nosti sub"ektov Rossiyskoy Federatsii* [Innovative infrastructure and main indicators of innovative activity of the constituent entities of the Russian Federation]. URL: https://www.miiris.ru/inno_infra (accessed: 26.11.2022).
25. *Perechen' industrial'nykh parkov Rossii* [List of industrial parks in Russia]. URL: <https://russiaindustrialpark.ru/analytics> (accessed: 26.11.2022).
26. *Reyting industrial'nykh parkov i osobykh ekonomicheskikh zon* [Rating of industrial parks and special economic zones]. URL: <https://acexpert.ru/publications?section=123> (accessed: 26.11.2022).
27. *Industrial'nye parki i O EZ Rossii 2020* [Industrial parks and SEZs of Russia 2020]. URL: <https://indparks.ru/materials/edition/> (accessed: 26.11.2022).

Информация об авторах

Вечкинзова Елена Анатольевна, к.э.н., доцент, доцент кафедры маркетинга, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», Москва, Россия, kvin07@list.ru

Стеблякова Лариса Петровна, д.э.н., доцент, профессор кафедры маркетинга услуг и бренд-менеджмента, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», Москва, Россия, larissastkaz@mail.ru

Information about the authors

Elena A. Vechkinzova, Candidate of Economics, Associate Professor, Associate Professor of Department of Marketing, State University of Management, Moscow, Russia, kvin07@list.ru

Larissa P. Steblyakova, Doctor of Sciences (Economics), Associate Professor, Professor of Department of Marketing Services and brand management, State University of Management, Moscow, Russia, larissastkaz@mail.ru

Статья поступила в редакцию 30.11.2022

The article was submitted 30.11.2022