
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА УРОВНЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

Голикова Галина Викторовна¹, д-р экон. наук, доц.

Павлова Татьяна Сергеевна^{1,2}, соиск.

¹ Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, Россия, 394018; e-mail: ggalina123@yandex.ru; tamognya55@yandex.ru

² Северо-Кавказский федеральный университет, филиал в Пятигорске – Институт сервиса, туризма и дизайна, пр. 40 лет Октября, 56, Пятигорск, Россия, 357500; e-mail: tamognya55@yandex.ru

Цель: работа посвящена системному исследованию управления инновационным развитием региона на основе применения методов кластерного анализа, обоснованию методики оценки уровня развития инновационной среды регионов РФ. *Обсуждение:* подходы к оценке инновационной среды региона. Систематизация индикаторов, влияющих на региональную инновационную среду. Методика оценки уровня развития инновационной среды регионов. *Результаты:* в статье обоснована точка зрения авторов на систему оценки уровня инновационного развития региональной экономики и индикаторов, влияющих на инновационный потенциал региона. Проведен анализ базовых подходов к оценке инновационной среды региона. Предложена методика оценки уровня развития инновационной среды регионов РФ.

Ключевые слова: инновационная среда региона, кластерный анализ, инновационный потенциал региона, индикаторы инновационной среды региона.

DOI: 10.17308/meps.2020.5/2369

Введение

В последние десятилетия исследователи обоснованно указывают на наличие тесной взаимосвязи между, с одной стороны, объемами валового продукта и качества жизни населения, с уровнем инновационности экономики. К классическим факторам производства как факторам, предопределяющим стадию эволюции общества, стали относить факторы инновационного потенциала и инновационной активности в обществе. Характеристики технологического потенциала региона являются отражением его социального, экономического, политического, культурного и экономического состояний и тесно взаимосвязаны. Отставание в регионе в области технологий и НТП по сравнению с другими регионами может быть сокращено лишь с развитием

инновационной системы и созданием условий для выполнения возложенных на неё функций.

Проблема отставания в уровне развития может и должна решаться внутри территории, опираться на собственный инновационный потенциал, делая ставку на формирование высокоэффективного механизма создания и продвижения инноваций как катализатора социально-экономического развития.

Фундаментальной и первоочередной задачей повышения инновационного потенциала региона и инновационной активности является формирование инновационной среды территории. Однако чётких методов оценки инновационной среды, позволяющих избежать учёта случайных флуктуаций, в настоящее время практически не разработано.

Базовые подходы к оценке инновационной среды региона

Уровень развития инновационной среды региона может быть оценён модулем вектора – чем больше модуль, тем выше уровень инновационности региона. Возможна сравнительная оценка для последовательных моментов времени, включая не только уровень (длину вектора – модуль), но и направление развития (угол между векторами), в том числе для любых двух регионов. Открывается возможность сравнения уровней развития инновационной среды регионов (как векторов) не только между собой, но и с некоторым желаемым (эталонным) уровнем и направлением развития. За ряд последовательных лет может быть построен соответствующий фазовый портрет региона (векторов) на плоскости в системе координат «длина вектора – угол между векторами», отображающий основные пространственные черты (статику) и особенности временного формирования (динамику) инновационной среды.

Так как косинус угла между векторами, представляющими регион, определяет коэффициент корреляции между их индикаторными показателями, равный скалярному произведению векторов, то можно сделать вывод о том, что чем меньше угол, тем ближе пропорции соответствующих показателей инновационной среды сравниваемых регионов. Одинаковые пропорции свидетельствуют о коллинеарности векторов и высоком подобии регионов [10, 11].

Оценки инновационности среды, получаемые алгебраическими методами, могут быть найдены также методами корреляционного анализа. В рамках общих модельных представлений о методах обработки многомерных статистических данных скорректированные показатели, характеризующие инновационность регионов, представляются в виде матрицы. Элементы строк являются индикаторными показателями инновационного потенциала регионов. Элементы столбцов матрицы, таким образом, являются значениями одноимённых показателей для регионов. По такой матрице можно построить матрицу парных корреляций между показателями любых двух регионов. Матрица является квадратной, симметрической, элементы глав-

ной диагонали равны единице. По значениям коэффициентов парных корреляций можно судить о близости пропорций одноимённых признаков для различных регионов. Рассматривая элементы строки матрицы как вектор признаков инновационного развития региона, легко находится его уровень как модуль вектора. Увеличение значений парной корреляции от нуля до единицы равнозначно уменьшению угла между векторами от прямого до равного нулю, что означает полное совпадение их направлений. С точки зрения инновационной среды региона показатели таких регионов либо совпадают, либо отличаются на некоторый множитель, а с точки зрения геометрии они подобны.

Уровень развития инновационной среды региона является результативным признаком влияния индикаторных показателей. Причинно-следственная связь влияния устанавливается эвристически, аргументы выбираются из общего представления о закономерностях развития территорий. Подобная парадигма породила метод оценки развития инновационной среды региона с помощью уравнения регрессии.

Плодотворность такой оценки можно продемонстрировать примером обзорного эмпирического исследования инновационных экономик, выполненного группой ученых [12]. Для оценки уровня развития инновационной среды регионов были построены уравнения множественной регрессии. В качестве переменных были взяты ВВП на душу населения и показатели, относящиеся к инновационной системе, государственному управлению, политической системе и степени открытости экономики, влияющие на уровень развития инновационной экономики. Эконометрический анализ регрессионных моделей позволил авторам прийти к выводу о том, что региональная инновационная система формируется постепенно приращениями в течение многих лет.

Оценка уровня развития инновационной среды регионов РФ с помощью методов кластерного анализа

Наиболее полная оценка уровня инновационной среды регионов достигается с помощью методов кластерного анализа. В соответствии с выбранным алгоритмом типологизации регионов последние группируются в кластеры. Процесс объединения регионов осуществляется последовательно на основании матрицы расстояний между регионами. Каждый последующий регион присоединяется к тому кластеру, который ближе [13].

В табл. 1 приведены названия показателей, их исходные единицы измерения и скорректированные единицы измерения.

Таблица 1

Индикаторные показатели научных исследований и инноваций на основе
статистических данных

№ п/п	Наименование показателя	Исходная единица измерения	Приведённая (скорректированная) единица измерения
Организации, выполнявшие научные исследования и разработки			
1	Число организаций, выполнявших исследования и разработки	Количество, шт.	Количество на одного человека в регионе, шт./чел.
2	Численность персонала, занятого исследованиями и разработками	Количество, чел.	% от населения
3	Внутренние затраты на исследования и разработки	млн руб.	руб./чел.
Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками			
4	Исследователи	Количество, чел.	% от населения
5	Техники	Количество, чел.	% от населения
6	Вспомогательный персонал	Количество, чел.	% от населения
7	Прочие	Количество, чел.	% от населения
Численность исследователей с учеными степенями			
8	Всего	Количество, чел.	% от населения
9	Доктора наук	Количество, чел.	% от населения
10	Кандидаты наук	Количество, чел.	% от населения
Внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки по видам затрат			
11	Всего	млн руб.	руб./чел.
12	Оплата труда	млн руб.	руб./чел.
13	Страховые взносы на ОПС, ОМС, ОСС	млн руб.	руб./чел.
14	Приобретение оборудования	млн руб.	руб./чел.
15	Другие материальные затраты	млн руб.	руб./чел.
16	Прочие текущие затраты	млн руб.	руб./чел.
Внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки по видам работ			
17	Всего	млн руб.	руб./чел.
18	Фундаментальные исследования	млн руб.	руб./чел.
19	Прикладные исследования	млн руб.	руб./чел.
20	Разработки	млн руб.	руб./чел.
Организации, ведущие подготовку аспирантов			
21	Число организаций	Количество, шт.	Количество на одного человека в регионе, шт./чел.
22	Численность аспирантов	Количество, чел.	% от населения
Приём и выпуск из аспирантуры			
23	Приём	Количество, чел.	% от населения
24	Выпуск	Количество, чел.	% от населения
25	Выпуск с защитой	Количество, чел.	% от населения

Окончание табл. 1

№ п/п	Наименование показателя	Исходная единица измерения	Приведённая (скорректированная) единица измерения
Организации, ведущие подготовку докторантов			
26	Число организаций	Количество, шт.	Количество на одного человека в регионе, шт./чел.
27	Численность докторантов	Количество, чел.	% от населения
Приём и выпуск из докторантуры			
28	Приём	Количество, чел.	% от населения
29	Выпуск	Количество, чел.	% от населения
30	Выпуск с защитой	Количество, чел.	% от населения
Поступление патентных заявок и выдача патентов в России			
31	Подано патентных заявок	Количество, шт.	% от населения
32	Выдано патентов	Количество, шт.	% от населения
Разработанные передовые производственные технологии			
33	Количество разработанных передовых производственных технологий	Количество, шт.	Количество на одного человека в регионе, шт./чел.
Используемые передовые производственные технологии			
34	Количество используемых передовых производственных технологий	Количество, шт.	Количество на одного человека в регионе, шт./чел.
Инновационная активность организации			
35	Количество инновационно-активных организаций	Количество, шт.	Количество на одного человека в регионе, шт./чел.
Затраты на технологические инновации			
36	Сумма затрат на технологические инновации	млн руб.	руб./чел.
Объем инновационных товаров, работ, услуг			
37	Объем инновационных товаров, работ, услуг	млн руб.	В % от общего объёма

Полученный результат кластерного анализа регионов РФ по уровню развития инновационной среды позволяет сделать вывод о том, что не только традиционный метод кластеризации, но и все рассмотренные выше применяемые методы получения точечных оценок инновационности регионов обладают существенным недостатком – они являются крайне неустойчивыми, и оценки не являются робастными. Это обстоятельство привело к разработке методов получения робастных статистических оценок в рамках кластерного анализа. Поэтому наибольший интерес представляют оценки уровня развития инновационной среды за определённый период времени, которые называются интервальными. Случайные отклонения значений индикаторных показателей в этом случае сглаживаются, а статистическая оценка приобретает свойство робастности. Это достигается в результате того, что алгоритм получения оценок по пространственным выборкам

и временным рядам интегрируются в процедуре кластерного анализа.

Для выявления общего тренда временных рядов, членами которого являются индикаторные показатели инновационной среды для каждого региона, используем метод наименьших квадратов. Аппроксимацию выполним полиномом четвертой степени $x(t) = c_0 + c_1t + c_2t^2 + c_3t^3 + c_4t^4$, график которого проходит через экспериментальные точки. Здесь $x(t)$ – регрессионная оценка – полином четвертой степени – временного ряда, t – время, c_0, c_1, c_2, c_3, c_4 – коэффициенты регрессии, постоянные, принимают конкретные значения для каждого индикаторного показателя для каждого региона.

Таким образом, общая схема классификации регионов по уровню развития инновационной среды содержит следующие количественные допущения и этапы:

1. Регион R_i , $i = \overline{1,87}$, характеризуется n количественными признаками $R_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$, где a_{ij} – исходное количественное значение признака j для региона i , $n=37$. Значения выбранных признаков инновационности среды находим в соответствующих статистических сборниках.

2. Все признаки регионов a_{ij} , $i = \overline{1,87}$, $j = \overline{1,37}$ регионов переводятся в формат индикаторных показателей x_{ij} операциями упорядочивания в шкале «больше-меньше», редукции, масштабирования, выбора единицы измерения, допускающих многомерный статистический анализ.

3. Для периода исследования каждый из индикаторных показателей x_{ij} рассматривается как временной ряд $x_{ij}(t)$. Аппроксимируем его полиномом четвертой степени $x_{ij}(t) = c_0 + c_1^{ij}t + c_2^{ij}t^2 + c_3^{ij}t^3 + c_4^{ij}t^4$, коэффициенты которого находим методом наименьших квадратов.

4. Регион R_i как объект исследования представим в виде прямоугольной матрицы

$$R_i = \begin{pmatrix} C_0^{i1} & C_1^{i1} & C_2^{i1}C_3^{i1} & C_4^{i1} \\ C_0^{i2} & C_1^{i2} & C_2^{i2}C_3^{i2} & C_4^{i2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_0^{in} & C_1^{in} & C_2^{in}C_3^{in} & C_4^{in} \end{pmatrix}.$$

5. Задача кластеризации решалась с помощью метода агломеративной кластеризации MDS (Multidimensional scaling).

6. Результат кластеризации регионов по уровню развития инновационной среды представляется в виде дендрограммы (рис. 1).

Принцип работы иерархических агломеративных процедур состоит в последовательном объединении групп регионов, сначала самых близких, а затем всё более отдалённых друг от друга. На первом шаге каждый регион рассматривается как отдельный кластер. По мере увеличения расстояния к исходному кластеру будут присоединяться всё новые и новые регионы и кластеры. Работа алгоритма заканчивается, когда все регионы объединены в один класс.

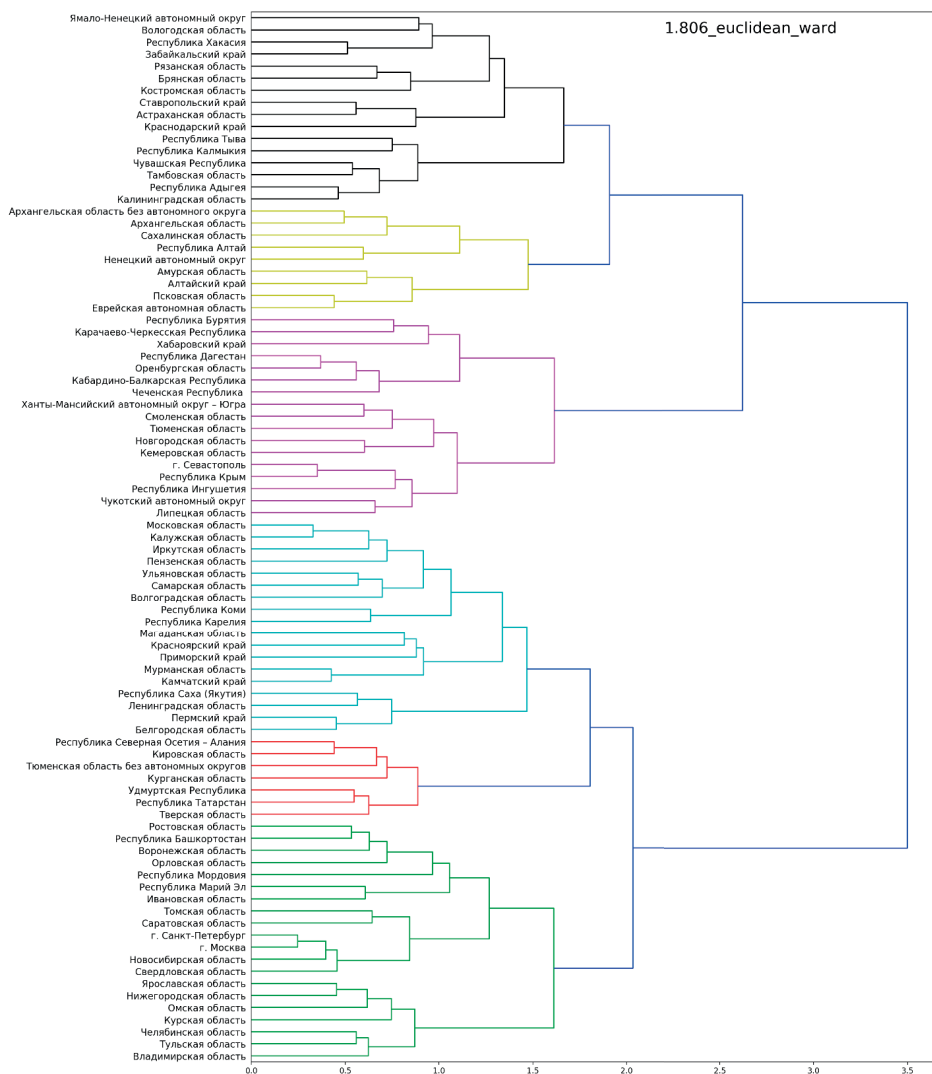


Рис. 1. Кластеризация регионов РФ по уровню развития инновационной среды

Если исходный кластер (регион) является наилучшим по развитию инновационной среды, то к нему последовательно по мере увеличения расстояния (или уменьшения сходства) будут присоединяться другие регионы. По уровню развития инновационной среды вновь присоединяемые регионы или их группы будут рангом ниже, чем исходный. Это позволяет ранжировать их по уровню инновационного потенциала (рис. 2).

Если исходный кластер (регион) является аутсайдером в инновационном развитии, то последовательность вновь присоединяемых к нему регионов будет возрастающей, т.е. вновь присоединённый регион будет иметь более высокий уровень развития инновационной среды, чем предыдущий.

С помощью дендрограммы представляется возможность определения

самых близких по уровню сходства инновационной среды пар, троек регионов и т.д., как лидеров, так и аутсайдеров в кластерах различного уровня подобия.

Для любого уровня сходства кластеров (от 0 до 3,5) или величины их подобия (от 0% до 100%) можно найти число кластеров, на которое разбивается множество регионов РФ. Наоборот, по числу кластеров можно найти уровень сходства внутри кластеров, т.е. построить гистограмму распределения (рисунок 3). При значениях евклидова расстояния между регионами около 0,25 и менее каждый регион представляет отдельный кластер. Сходство регионов по выделенным индикаторным признакам составляет 0%. При значениях евклидова расстояния 3,5 и более все регионы попадают в один класс. Это означает, что при выбранной мере близости при превышении её значения в 3,5 единицы различия регионов в уровне инновационного потенциала по отношению к индикаторным показателям не обнаруживаются, и их сходство составляет 100%.

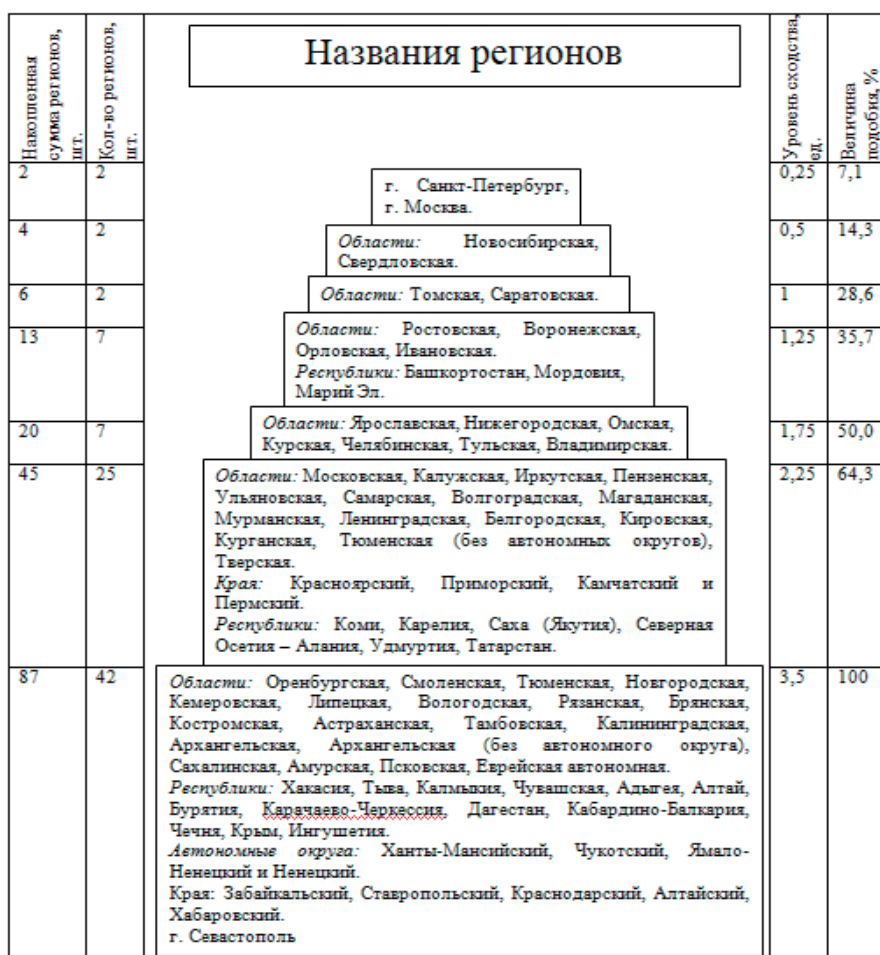


Рис. 2. Пирамида регионов по уровню инновационного потенциала (от вершины пирамиды к основанию уровень развития инновационной среды снижается)

Зависимость между уровнем сходства регионов в кластере (величиной подобия) и количеством кластеров является нелинейной и может быть описана убывающей функцией. При величине подобия кластеров более 50% их количество становится менее 7%. В пределах подобия примерно от 14% до 70% количество кластеров уменьшается по экспоненте.



Рис. 3. Диаграмма распределения числа кластеров по уровню сходства

Отметим особенно хорошее разделение регионов на три класса на уровне сходства кластеров 2,5 единицы, что соответствует величине подобия примерно в 71,5%. К первому классу относятся регионы-лидеры, ко второму – переходные регионы, к третьему – регионы-аутсайдеры.

Заключение

Результаты кластерного анализа с использованием интегральных оценок позволили выделить в интервале в 25 лет в РФ группу из 20 устойчиво сильных инноваторов, 25 регионов с устойчиво развивающейся инновационной средой, 17 регионов формируют группу аутсайдеров. Остальные регионы образуют группу переходных и в зависимости от эффективности проводимой инновационной политики могут пополнить любую из выделенных групп.

Список источников

1. Балакирева О.В. *Оценка и планирование развития инновационного потенциала региона с использованием балансовых моделей: теоретико-методический аспект*: диссертация кандидата экономических наук: 08.00.05 / Балакирева Ольга Владимировна. Ростов-на-Дону, 2005.
2. Дауров А.М., Дзакоев З.Л. Экспертная оценка показателей инновационного потенциала предприятия // *Вестник Владикавказского НЦ РАН*, 2014, по. 1.
3. Иванова И.А. Интегральная оценка и прогнозирование инновационного потенциала регионов Приволжского

федерального округа // *Экономический анализ: теория и практика*, 2014, no. 36 (387).

4. Киселева Н.Н., Иванов Н.П. Оценка уровня инновационного развития региона // *Terra Econotomicus*, (2013), т. 11, no. 2-2, с. 76-79.

5. Киселева Н.Н., Киселев В.В. Методические подходы к учету и оценке уровня инновационного развития региона // *Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление*, 2013, no. 3 (14), с. 41-44.

6. Левизов А.С., Курбыко И.Ф. Статистическая оценка инновационного развития российских регионов // *Вестник ГУУ*, 2015, no. 8.

7. Маскайкин Е.П., Арцер Т.В. Инновационный потенциал региона: сущность, структура, методика оценки и направления развития // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менедж-*

жмент, 2009, вып. 10, no. 21, с. 47-53.

8. Матвеева Л.Г. Оценка и прогнозирование развития инновационного потенциала региона: методология, инструментарий // *Известия ТРТУ*, 2006, no. 4, с. 92-99.

9. Павлов П.Н. *Эмпирические исследования инновационных экономик*: монография / П.Н. Павлов, А.А. Жаринов, А.С. Каукин; под редакцией П.Н. Павлова. Москва, Дело РАНХиГС, 2012.

10. Сафарова Л. Проблемы определения и оценки инновационного потенциала региона // *РИСК*, 2010, no. 3, с. 174-179.

11. Хацкевич В.Л. *Инновационные подходы и технологии в современной экономике и менеджменте* / В.Л. Хацкевич и др. Воронеж, НАУКА-ЮНИПРЕСС, 2012.

12. Шляхто И.В. Оценка инновационного потенциала региона // *Управление общественными и экономическими системами*, 2007, no. 1, с. 1-7.

COMPREHENSIVE ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE INNOVATIVE DEVELOPMENT LEVEL FOR REGIONS

Golikova Galina Viktorovna¹, Dr. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

Pavlova Tatyana Sergeevna^{1,2}, applicant

¹ Voronezh State University, Universitetskaya pl., 1, Voronezh, Russia, 394018; e-mail: ggalina123@yandex.ru

² North-Caucasus Federal University, branch in Pyatigorsk – Institute of service, tourism and design, 40 years of October Avenue, 56, Pyatigorsk, Russia, 357500; e-mail: tamognya55@yandex.ru

Purpose: the authors conduct the systematic research of the innovative development management for the region based on the use of cluster analysis methods, substantiating the methodology for assessing the development level of the innovation environment for the regions in the Russian Federation. The authors propose a modified cluster method, which is used to assess the level of innovative development for the region for any period of time. This method is verified over a time interval of 25 years for all regions of the Russian Federation. *Discussion:* the authors analyze approaches to assessing the region's innovation environment, make systematization of indicators that affect the regional innovation environment and offer methodology for assessing the development level of the innovation environment in regions. *Results:* the authors substantiate their point of view on the system for assessing the level of innovative development for the regional economy and indicators that affect the innovative potential in the region. Also the authors carried out the analysis of basic approaches to assessing the innovation environment of the region. In addition the authors proposed the method of assessing the development level of the innovation environment in the Russian regions.

Keywords: innovative environment of the region, cluster analysis, innovative potential of the region, indicators of the innovative environment for the region.

References

1. Balakireva O.V. *Otsenka i planirovanie razvitiya innovatsionnogo potentsiala regiona s ispolzovaniem balansovykh modeley. Teoretiko-metodicheskiy aspekt* [Assessment and planning of innovative potential development for the region using balance models: Theoretical and methodological aspect]: dissertatsiya kandidata ekonomicheskikh nauk: 08.00.05 / Balakireva Olga Vladimirovna. Rostov-na-Donu, 2005. (In Russ.)
2. Daurov A.M., Dzakojev Z.L. *Ekspertnaya otsenka pokazateley innovatsionnogo potentsiala predpriyatiya* [Expert evaluation indicators of innovative potential for enterprise]. *Vestnik Vladikavkazskogo NTS RAN*, 2014, no. 1. (In Russ.)

3. Ivanova I.A. Integral'naya otsenka i prognozirovaniye innovatsionnogo potentsiala regionov Privolzhskogo federal'nogo okruga [Integrated assessment and forecasting of innovative potential of the Privolzhsky Federal district regions]. *Ekonomicheskyy analiz: teoriya i praktika*, 2014, no. 36 (387). (In Russ.)
4. Kiseleva N.N., Ivanov N.P. Otsenka urovnya innovatsionnogo razvitiya regiona [Assessment of the innovative development level in the region]. *Terra Economicus*, (2013), vol. 11, no. 2-2, pp. 76-79. (In Russ.)
5. Kiseleva N.N., Kiselev V.V. (2013). Metodologicheskie podkhody k uchetu i otsenke urovnya innovatsionnogo razvitiya regiona [Methodological approaches to accounting and assessing the level of innovative development for the region]. *Vektor nauki Tolyattinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie*, no. 3 (14), pp. 41-44. (In Russ.)
6. Levizov A.S., Kurbyko I.F. Statisticheskaya otsenka innovatsionnogo razvitiya rossiyskikh regionov [Statistical assessment of innovative development in Russian regions]. *Vestnik GUU*, 2015, no. 8. (In Russ.)
7. Maskaykin E.P., Artser T.V. Innovatsionnyy potentsial regiona: sushchnost', struktura, metodika otsenki i napravleniya razvitiya [Innovative potential of the region: essence, structure, assessment methodology and development directions]. *Vestnik YUURGU. Seriya «Ekonomika i menedzhment»*, 2009, Vyp. 10, no. 21, pp. 47-53. (In Russ.)
8. Matveeva L.G. Otsenka i prognozirovaniye razvitiya innovatsionnogo potentsiala regiona: metodologiya, instrumentariy [Assessment and forecasting of the region's innovative potential development: methodology, tools]. *Izvestiya of TRTU*, 2006, no. 4, pp. 92-99. (In Russ.)
9. Pavlov P.N. *Empiricheskie issledovaniya innovatsionnykh ekonomik* [Empirical studies of innovative economies]: monografiya / P.N. Pavlov, A.A. Zharinov, A.S. Kaukin; pod redaktsiey P.N. Pavlova. Moscow, Delo RANKHIGS, 2012. (In Russ.)
10. Safarova L. Problemy opredeleniya i otsenki innovatsionnogo potentsiala regiona [Problems of determining and evaluating the innovative potential in the region]. *RISK*, 2010, no. 3, pp. 174-179. (In Russ.)
11. Khatskevich V.L. *Innovatsionnye podkhody i tekhnologii v sovremennoy ekonomike i menedzhmente* [Innovative approaches and technologies in modern economy and management] / V.L. Khatskevich i dr. Voronezh, NAUKA-UNIPRESS, 2012. (In Russ.)
12. Shlyakhto I.V. Otsenka innovatsionnogo potentsiala regiona [Assessment of innovative potential in the region]. *Upravlenie obshchestvennymi i ekonomicheskimi sistemami*, 2007, no. 1, pp. 1-7. (In Russ.)