

## ОБ ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ\*

Юрий Давыдович ШМИДТ<sup>а,•</sup>, Ольга Николаевна ЛОБОДИНА<sup>б</sup>, Владимир Владимирович ГРИЩЕНКО<sup>с</sup>,  
Цуй НИНБО<sup>д</sup><sup>а</sup> доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой бизнес-информатики и экономико-математических методов, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация  
syd@dvfu.ru<sup>б</sup> кандидат экономических наук, ассистент кафедры информатики, математического и компьютерного моделирования, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация  
telloudder@gmail.com<sup>с</sup> кандидат технических наук, доцент кафедры приборостроения, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация  
vvg45@yandex.ru<sup>д</sup> доктор экономических наук, доцент института экономики и менеджмента, Северо-Восточный сельскохозяйственный университет, Харбин, Китайская Народная Республика  
82890000@163.com

• Ответственный автор

**История статьи:**

Принята 14.07.2016

Принята в доработанном виде  
28.07.2016

Одобрена 08.08.2016

Доступна онлайн 15.02.2017

УДК 332.13: 338.2

JEL: C43, O33, R11

**Аннотация****Предмет.** Разработка методического инструментария для оценки уровня инновационного развития территорий является актуальной проблемой анализа и активизации регионального развития. В статье анализируются существующие методики расчета рейтинга инновационного развития регионов и выделяются общие черты, элементы и схемы расчетов, а также существенные различия. Возникает проблема выбора наиболее адекватной методики сравнительной оценки уровня инновационного развития региона из существующих, так как их результаты, как правило, значительно различаются.**Цели.** Формирование обобщенного универсального алгоритма для создания рейтингов и методик сравнительных оценок экономических объектов. Тестирование гипотезы, что использование метрик, характеризующих качество кластеризации многомерных данных, позволяет оценить влияние инструментов, предлагаемых в методиках, на качество рейтинговых оценок уровня инновационного развития регионов.**Методология.** В процессе исследования использовались методы обработки многомерных статистических данных, кластерного анализа, метрики, характеризующие качество кластеризации многомерных данных.**Результаты.** В статье предложен инструментарий для оценки качества кластеризации многомерных данных, который включает как известные метрики компактности, отделимости и расстояния между кластеризациями, так и разработанный обобщенный индекс, устойчивость и чувствительность кластеризаций. На его основе разработан методический подход и программный комплекс, позволяющие количественно и качественно сравнивать входные данные, методические схемы и результаты оценки рейтингов уровня инновационного развития регионов, вычисленных по различным методикам, а также создавать новые комплексные методики оценки инновационного развития территорий.**Выводы.** Разработанный методический подход и инструментарий оценки уровня инновационного развития регионов и качества соответствующих методик формирования рейтингов можно использовать и для анализа других объектов и предметных областей, в которых требуется комплексная оценка и вычисляются сравнительные рейтинги.**Ключевые слова:** оценка, инновационное развитие, методики, качество, кластеризация

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2016

**Введение**

В последние годы значительно увеличилось количество публикаций в научной литературе, посвященных различным аспектам инновационного развития страны, включая вопросы оценки уровня инновационного развития регионов и распространения инноваций. Среди них можно выделить работы И.М. Бортника [1, 2],

Н.Н. Михеевой [3, 4], Г.А. Унтура [5], В.Н. Киселева [6], Л.М. Гохберга [7]. Анализ инновационных процессов, форм и методов государственной поддержки и стимулирования инноваций, распространения инноваций в пространственных экономических системах является востребованным направлением экономических, теоретических и практических исследований для большинства развитых и

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ.  
Грант № 15-56-53032.

развивающихся стран мира, в том числе и для России.

В настоящее время в международной и российской практике накоплен значительный опыт комплексной оценки инновационного развития стран и регионов. Большое внимание, уделяемое исследователями этому вопросу, объясняется тем, что уровень инновационного развития территории определяет конкурентоспособность ее экономики в масштабе страны или мирового пространства.

Наиболее известными рейтингами оценки инновационного развития стран являются Глобальный инновационный индекс (GII, Global Innovation Index), Международный инновационный индекс (III, International Innovation Index). Оценка инновационного развития регионов осуществляется в Европе с помощью индекса Regional Innovation Scoreboard (RIS) [8–10]. Оценка инновационного развития стран и регионов используется в мировой экономической практике как в качестве самостоятельных индексов и рейтингов, так и в составе композитных индексов, которые формируются по определенным алгоритмам в интегральную композицию с учетом иерархии и весов отдельных субиндексов. Например, в индекс глобальной конкурентоспособности субиндекс инновационного развития входит в качестве одного из 12 составляющих. Российскими учеными предложен ряд подходов к оценке инновационного развития регионов, учитывающих особенности развития инновационных процессов в России [1–2, 3, 7, 11–13].

В настоящее время отсутствует общепризнанная методика оценки инновационного развития регионов и территорий, а полученные различными методиками рейтинги значительно различаются. «Наблюдается расхождение оценок уровня инновационного развития одного и того же региона по разным методикам» [5, с. 82]. Например, по результатам методики оценки уровня развития инновационной деятельности, предложенной Институтом статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Чувашская Республика относится к группе сильных инноваторов и занимает общее 6 место. Согласно же рейтингу, вычисленному по методике Ассоциации инновационных регионов России, по данным 2013–2015 гг., этот регион относится к группе среднесильных инноваторов и занимает общее 18 место [11]. Поэтому актуальной представляется задача сравнительного анализа методических схем, оценок уровня

инновационного развития территорий, разработки инструментария оценки качества таких методик и создания универсального алгоритма и программного обеспечения формирования рейтингов.

### Материалы и методы исследования

Методики расчета рейтинга инновационного развития регионов хотя и имеют некоторые сходства (особенно в схемах расчета), существенно отличаются друг от друга и прежде всего – разным количеством показателей, включенных в рейтинг (от 8 до 36), а также методическими схемами его построения. Результаты рейтинга хотя и имеют некоторые сходства, однако, тоже значительно различаются.

В работах [2, 5] представлен достаточно глубокий анализ методологических основ и методических схем оценки уровня инновационного развития регионов. Поэтому в данной статье не рассматриваются методологические основы методик, а основное внимание уделяется инструментам количественных оценок, используемых в анализируемых методиках.

В некоторых методиках оценки уровня инновационного развития регионов отсутствуют процедуры сглаживания и трансформация входных данных, используется только нормировка. Это приводит к непропорциональному влиянию отдельных показателей на результат. Например, при простой нормировке по методу «макс-мин» большие значения показателей (в частности, для Москвы) влияют на смещение оценок остальных регионов к нулю.

Часть методик включает весовые коэффициенты для различных блоков и/или показателей, в других методиках все показатели считаются равнозначными и вычисляется простое среднее арифметическое. Большинство методик использует кластерный анализ на различных этапах, однако в них отсутствует оценка качества проведенной кластеризации, зачастую даже не указывается алгоритм ее проведения. В большинстве методик блоки, на которые делятся показатели, выбираются «априори», возможно, экспертным заключением. И наконец, следует отметить, что недостатком практически всех методик является отсутствие этапа верификации результатов.

Нами был построен обобщенный универсальный алгоритм для создания рейтингов (рис. 1).

Все методические схемы можно описать с помощью этого алгоритма, при этом часть этапов в некоторых методиках будет пропущена, а часть может выполняться различными инструментами.

В данной работе предлагается сравнительную оценку методик формирования рейтингов инновационного развития территорий проводить методами кластерного анализа. Для большинства этапов рассматриваемых методик происходит некоторое преобразование входных данных и деление территорий на определенные группы. Любая рейтинговая оценка территорий означает разбиение этих территорий на группы, кластеры, в которых могут быть как одиночные элементы, так и совокупности территорий. Более того, имея сравнительные количественные оценки территорий, можно реализовывать их различные типологизации, выделяя группы территорий с близкими значениями количественных оценок. Следовательно, проводя кластеризацию многомерных данных в начале и в конце каждого этапа, вычислив и сравнив метрики, характеризующие качество кластеризации, можно оценить влияние инструмента на входные данные. Этот подход можно использовать для этапов, а также для методики в целом.

Для тестирования данного подхода выделены пять типичных методик оценки уровня инновационного развития регионов:

- методика, предложенная Институтом статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (методика I);
- «Система оценки инновационного развития регионов», разработанная Ассоциацией инновационных регионов России в 2012 г. (методика II);
- методика Ассоциации инновационных регионов России по данным 2013–2015 гг. (методика III);
- два варианта рейтинга оценки региональных инновационных систем, представленных в работе [3] (методики IV, V).

В кластерном анализе под кластеризацией  $C$  понимается разбиение некоторого множества элементов  $D$  на  $k$  подмножеств  $C_1, C_2, \dots, C_k$ , называемых кластерами. В случае четкой кластеризации эти подмножества не пересекаются, нечеткая кластеризация представляет собой систему нечетких подмножеств нечеткого множества  $C$ .

В результате применения алгоритмов четкой кластеризации каждый объект  $x_i$  исходного множества  $D$  принадлежит одному кластеру  $C_j$ . Нечеткие методы кластеризации позволяют

одному и тому же объекту принадлежать одновременно нескольким (или даже всем) кластерам, но с различной вероятностью. Матрица степени принадлежности  $U$  имеет вид:

$$U = [u_{ij}], i = 1 \dots n, j = 1 \dots k,$$

$$u_{ij} \in [0, 1] - \text{при нечеткой},$$

$$u_{ij} \in \{0, 1\} - \text{при четкой кластеризации},$$

где  $i$ -ая строка содержит степени принадлежности объекта  $x_i$  кластерам  $C_1, C_2, \dots, C_k, n$  – количество элементов в множестве  $D$ .

В данном исследовании использовались относительные метрики компактности и отделимости [14, 15].

*Компактность (homogeneity)* – элементы одного кластера должны быть как можно ближе друг к другу:

$$H = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n u_{ij} \cdot \|x_i - \mu_j\|^2, \quad (1)$$

где  $\mu_j$  – центр  $j$ -го кластера.

*Отделимость (separation)* – элементы разных кластеров должны быть как можно дальше друг от друга:

$$S = \sum_{l=1}^k \frac{1}{\sum_{j \neq l} n_j \cdot n_l} \sum_{j \neq l} n_j \cdot n_l \cdot \|\mu_j - \mu_l\|^2, n_j = \sum_{i=1}^n u_{ij}. \quad (2)$$

Качество кластеризации может быть оценено с помощью внутренних, внешних и относительных методов оценки качества кластеризации [16]. Внешние методы используются в том случае, если известна дополнительная информация о кластеризации, например, количество кластеров и их центры и некоторые другие параметры. Внутренние метрики оценивают структуру кластеров, опираясь непосредственно на нее. При использовании относительных методов оценка производится сравнением ряда структур, которые можно получить несколькими запусками одного алгоритма кластеризации, использованием разных алгоритмов или разных параметров одного алгоритма.

Еще одним способом оценки качества кластеризации является расстояние между кластеризациями, обозначается  $IV$ . Если исходное множество разбито на кластеры  $C$  и  $C'$  несколькими методами, то чем меньше расстояние между ними, тем качество кластеризации лучше. Метрика для вычисления расстояния следующая [17, 18]:

$$IV(C, C') = H(C) + H(C') - 2 \cdot I(C, C'), \quad (3)$$

$$H(C) = - \sum_{j=1}^k P(j) \log(P(j)), \quad P(j) = \frac{n_j}{n}, \quad n_j = \sum_{i=1}^n u_{ij}.$$

$$I(C, C') = \sum_{j=1}^k \sum_{j'=1}^{k'} P(j, j') \cdot \log \left( \frac{P(j, j')}{P(k) \cdot P'(j')} \right),$$

$$P(j, j') = \frac{|C_j \cap C_{j'}|}{n}.$$

Для оценки применимости данных метрик были проведены численные эксперименты. В качестве исходных данных использовалась смесь многомерных случайных величин с нормальным законом распределения. В процессе эксперимента изменялось количество выборок в смеси, их размерность, векторы средних значений и ковариационные матрицы, количество векторов в смесях. В результате многочисленных экспериментов были получены зависимости значений метрик от процента ошибок, которые подтвердили теоретические выкладки о применимости метрик.

Для автоматического выбора наилучшей кластеризации, проведенной несколькими алгоритмами для одних данных, был разработан обобщенный индекс, учитывающий рассмотренные метрики. Поскольку во всех них, кроме метрики отделимости –  $S$ , лучшему результату соответствует меньшее значение, для метрики  $S$  производится пересчет. Формула для обобщенного индекса имеет вид:

$$I = \frac{\bar{H}_1 + (1 - \bar{S}_1) + \bar{H}_2 + (1 - \bar{S}_2) + \bar{IV}}{5}, \quad (4)$$

где  $H_1, H_2, S_1, S_2$  – метрики компактности и отделимости для кластеризаций, полученных двумя разными алгоритмами;  $IV$  – расстояние между полученными кластеризациями;  $\bar{H}_1, \bar{H}_2, \bar{S}_1, \bar{S}_2, \bar{IV}$  – нормированные значения соответствующих метрик.

С помощью инструментов оценки качества кластеризаций можно сравнить итоговые рейтинги между собой, а также проверить их на устойчивость и чувствительность. Чтобы оценить устойчивость, необходимо осуществить разбиение данных на кластеры несколькими алгоритмами. Если разные алгоритмы выдают схожие кластеризации (оценивается метрикой расстояния  $IV$ ), разбиение на кластеры можно считать устойчивым. Чувствительность же итогового рейтинга проверяется исключением из исходных данных некоторого показателя. Если такое

исключение не сильно влияет на конечную кластеризацию (также можно оценить метрикой  $IV$ ), то можно считать рейтинг малочувствительным к конкретным показателям.

Для анализа различных методик формирования рейтинга необходимо получить численные оценки каждого этапа формирования рейтинга. Для этого используется алгоритм сбора данных для дальнейшего анализа (рис. 2).

Сначала формируется вектор входных данных рейтинга  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , где  $x_i$  – вектор показателей  $i$ -го региона;  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ ;  $x_{ij}$  –  $j$ -ый показатель  $i$ -го региона;  $n$  – количество регионов;  $m$  – количество показателей, включенных в рейтинг. Для некоторых рейтингов создается несколько векторов, зависящих от времени,  $X = (X_1, X_2, \dots, X_t)$ ,  $t$  – количество лет, учитываемых в рейтинге.

Затем для каждой методики формируется массив этапов, в который включаются этапы универсального алгоритма, используемые в расчете рейтинга.

Далее для каждого этапа выполняется кластеризация входных данных  $X$  на  $K$  кластеров (количество кластеров определяется как количество групп в итоговом рейтинге), кластеризация осуществляется четкими и нечеткими алгоритмами ( $k$ -means,  $k$ -medians,  $EM$ ,  $Fuzzy\ EM$  [19]). Для каждой полученной кластеризации вычисляется интегральный показатель  $I$  по формуле (4) и выбирается наилучшая кластеризация по значению этого показателя. В результате получается кластеризация  $C$  и метрики  $H, S$ , вычисленные по формулам (1) и (2) соответственно.

Затем к входному вектору  $X$  применяется инструмент, определенный на данном этапе (нормализация, сглаживание и т.д.). Результатом применения инструмента является вектор  $Y$ , размерность которого равна  $n$ , как и у вектора  $X$ , а вот количество показателей для каждого региона  $m$  может измениться, например, после вычисления субиндексов.

Для полученного вектора  $Y$  выполняется кластеризация, поиск наилучшей кластеризации  $C'$  и вычисление метрик  $H, S$  по формулам (1) и (2). На каждом этапе вычисляется по формуле (3) метрика расстояния  $IV$  между кластеризациями  $C$  и  $C'$ , а также сохраняются значения метрик  $H, S, IV$  для дальнейшего анализа. Выходной вектор  $Y$  текущего этапа становится входным для следующего.

Результатом применения большинства методик является рейтинг инновационного развития регионов, рассчитанный как интегральный индекс, и кластеризация регионов, полученная на разных этапах методик. В табл. 1 приведены основные характеристики исходных данных и результирующих кластеризаций для рассматриваемых методик рейтинговой оценки уровня инновационного развития регионов.

Из таблицы видно, что наименьшее расстояние между входными и выходными данными имеет рейтинг Высшей школы экономики, а наилучшие показатели устойчивости и чувствительности – у рейтингов Высшей школы экономики и Ассоциации инновационных регионов.

Оценка устойчивости осуществлялась по схеме, в которой каждый набор данных разбивался на кластеры несколькими алгоритмами, после чего были вычислены попарные расстояния (метрика *IV*) между полученными кластеризациями и их среднее арифметическое.

Для оценки чувствительности случайным образом были выбраны показатели (5% от общего числа), которые затем были исключены из исходной системы показателей. К оставшимся показателям применялась соответствующая методика, после чего вычислялось расстояние (метрика *IV*) между кластеризациями полного и неполного наборов данных. Исключение показателей производилось *m* раз (по числу показателей в рейтинге), затем вычислялось среднее расстояние.

Результатом каждой из рассматриваемых методик была кластеризация регионов, выполненная по данным разных этапов. Так, методики I–III осуществляли кластеризацию по интегральному индексу, в методике *IV* данные кластеризовались после нормализации и сглаживания, а в методике *V* кластеризация проводилась по вычисленным субиндексам. Наилучшие показатели устойчивости и чувствительности имеют методики I и III, в которых кластеризация проводилась по итоговому индексу, однако по близости к входным данным методика I значительно лучше.

По близости к входным данным выделяются методики I и *IV*, причем в методике *IV* кластеризация данных проводилась сразу после нормализации и сглаживания, в то время как в I-й методике к входным данным применялось три инструмента (нормализация и сглаживание, расчет субиндексов, расчет интегрального индекса). При этом расстояния, вычисленные после этапа нормализации и после вычисления

интегрального индекса, практически совпадают. Это еще раз подтверждает качество применяемых инструментов в методике I. Однако для методик II, III, V расстояния между входными и результирующими данными значительно больше.

Следует отметить, что во многих зарубежных аналогичных методиках применяется именно такой подход, при котором регионы разбиваются на кластеры после нормализации и сглаживания, а затем различными способами вычисляются интегральные индексы.

Анализ методик уровня инновационного развития регионов, а также их качественная и количественная оценка, выявили потребность в создании гибко настраиваемого аналитического комплекса, позволяющего формировать методику оценки инновационного развития, выполнять аналитику и визуализацию результатов. Также в этом комплексе должна быть предусмотрена возможность сравнения результатов, полученных различными методиками, и их возможная агрегация.

На основе проведенного анализа был построен модифицированный обобщенный алгоритм оценки инновационного развития регионов, который использовался в качестве алгоритмической основы при создании программного комплекса. Отличия модифицированного алгоритма от описанного ранее следующие: включена оценка устойчивости и чувствительности входных данных; добавлена возможность кластеризации данных после любого этапа методики; включена оценка результатов кластеризации регионов, на котором оценивается устойчивость и чувствительность результирующих данных, а также вычисляется расстояние между входным и итоговым набором данных; добавлена возможность визуализации данных.

Функционально в программном комплексе, представленном в виде web-приложения, можно выделить следующие компоненты, реализующие отдельные этапы работы системы: ввод и анализ данных; построение методики оценки или выбор существующей; реализация методики; визуализация, анализ и сохранение результатов; сравнение результатов, полученных на основе различных исходных данных и/или методик; агрегация результатов. На этапе агрегации результатов имеется возможность создавать комбинированные рейтинги на основе уже имеющихся, например, входные показатели взять из одного рейтинга, а методику обработки – из другого.

## Проведение эксперимента

Для тестирования и апробации приложения в нем были реализованы методики I–V, а также построен тестовый пример «Рейтинг инновационного развития регионов с учетом пространственных факторов» (методика VI) для проверки и демонстрации возможностей разработанного подхода и инструментария. В качестве исходных данных для этого рейтинга были выбраны показатели, представленные в работе [20], которые использовались для описания экономического пространства регионов и инновационного процесса, а также показатели, описывающие экономико-географическое положение регионов, как в методике III. К этим показателям был применен режим автоматического анализа и корректировки данных. В автоматическом режиме на основе выбранных пользователем показателей итеративной процедурой формируется набор, который характеризуется минимальной корреляцией между факторами и наилучшими показателями чувствительности и устойчивости. В результате были отобраны 26 показателей и разделены на 4 блока вручную на основе экспертного мнения. Данные были нормированы и итерационно сглажены, после чего проведена кластеризация данных и рассчитаны интегральные показатели. Разработанная методика включает следующие этапы, отраженные на рисунке 1: этап 1 (1.1, 1.4) → этап 2 (2.2) → этап 3 (3.1) → этап 4 (4.1) → этап 5 → этап 6 (6.1) → этап 8 (8.1) → этап 9 (9.1).

## Анализ результатов проведенного эксперимента

Результаты сравнения методик I–V и тестовой методики, полученные программным комплексом, приведены на рис. 3.

Результаты показывают, что программе удалось отобрать исходные показатели для тестовой методики и получить итоговую кластеризацию, характеристики которой в большинстве своем являются одними из лучших среди всех методик.

В число лучших инноваторов по результатам тестовой методики входят следующие регионы (в скобках указан рейтинг региона): 1) Москва (1); 2) Санкт-Петербург (0,9743); 3) Республика Татарстан (0,9239); 4) Нижегородская область (0,9173); 5) Московская область (0,8753); 6) Самарская область (0,8637); 7) Челябинская область (0,8324); 8) Свердловская область (0,8181); 9) Новосибирская область (0,8163); 10) Пермский

край (0,7928). Чувашская Республика относится к группе средних инноваторов и занимает общее 26 место с рейтингом 0,6196. Замыкают рейтинг следующие регионы: 78) Республика Тыва (0,1121); 79) Республика Ингушетия (0,1109); 80) Чеченская Республика (0,0917).

Таким образом, разработанное и размещенное в сети Интернет приложение «Программный комплекс оценки инновационного развития регионов» существенно расширяет возможности федеральных, региональных и иных информационных ресурсов для ведения мониторинга инновационной деятельности в России, поскольку это приложение позволяет не только составлять и анализировать рейтинги инновационного развития, но и осуществлять межрегиональные сравнения.

## Выводы

Задача рейтинговой оценки уровня инновационного развития регионов имеет явно выраженный неоднозначный характер – тому есть несколько достаточно объективных причин. Методический подход, предложенный в статье, при котором оценка качества методики рейтинговой оценки сводится к вопросу кластеризации многомерных данных и ее качеству, позволяет снять часть неопределенности и задать некоторые количественные характеристики. Однако в этом направлении также имеются свои сложности, не существует однозначно наилучшего критерия качества кластеризации. Известен целый ряд достаточно разумных критериев, а также ряд алгоритмов, не имеющих четко выраженного критерия, но осуществляющих достаточно хорошую кластеризацию. Для преодоления этих сложностей в работе проведены многочисленные эксперименты для выбора и обоснования необходимого инструментария.

Проведенные эксперименты и анализ их результатов показывают, что использование существующих и предложенных инструментов оценки качества кластеризации является весьма перспективным для повышения объективности расчетов различных рейтингов и принятия управляющих решений на основе соответствующих сравнительных оценок. Разработанный методический подход и программный комплекс можно использовать при оценке рейтингов экономических объектов в разных предметных областях.

**Таблица 1****Характеристики входных данных и итоговых кластеризаций****Table 1****Characteristics of input data and output clustering**

| Характеристики кластеризаций  | Методики  |            |            |             |             |
|-------------------------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|
|                               | I         | II         | III        | IV          | V           |
| Количество показателей        | 36        | 16         | 23         | 34          | 34          |
| Количество кластеров          | 4         | 5          | 5          | 6           | 6           |
| <b>Входные данные</b>         |           |            |            |             |             |
| H                             | 3.535E+10 | 1.91575E+6 | 9.42817E+6 | 2.98604E+10 | 2.98604E+10 |
| S                             | 4.343E+12 | 6.99454E+7 | 3.04877E+8 | 2.54387E+12 | 2.54387E+12 |
| Устойчивость                  | 1.07016   | 0.610562   | 0.844394   | 0.79512     | 0.79512     |
| Чувствительность              | 0.936957  | 0.845682   | 0.566194   | 0.648213    | 0.648213    |
| <b>Итоговые кластеризации</b> |           |            |            |             |             |
| H                             | 0.00048   | 0.00039    | 0.00054    | 0.741523    | 0.02199     |
| S                             | 0.01254   | 0.00979    | 0.01332    | 1.21841     | 0.06997     |
| Устойчивость                  | 0.315932  | 1.08654    | 0.390011   | 1.63796     | 1.44767     |
| Чувствительность              | 0.60038   | 0.81272    | 0.495264   | 2.53416     | 1.67454     |
| IV                            | 1.86849   | 2.20666    | 2.1273     | 1.99187     | 2.70454     |

*Источник:* авторская разработка*Source:* Authoring

**Рисунок 1****Универсальный алгоритм оценки инновационного развития территории****Figure 1****A universal algorithm of evaluation of the innovative development of the territory**

Источник: составлено авторами

Source: Authoring

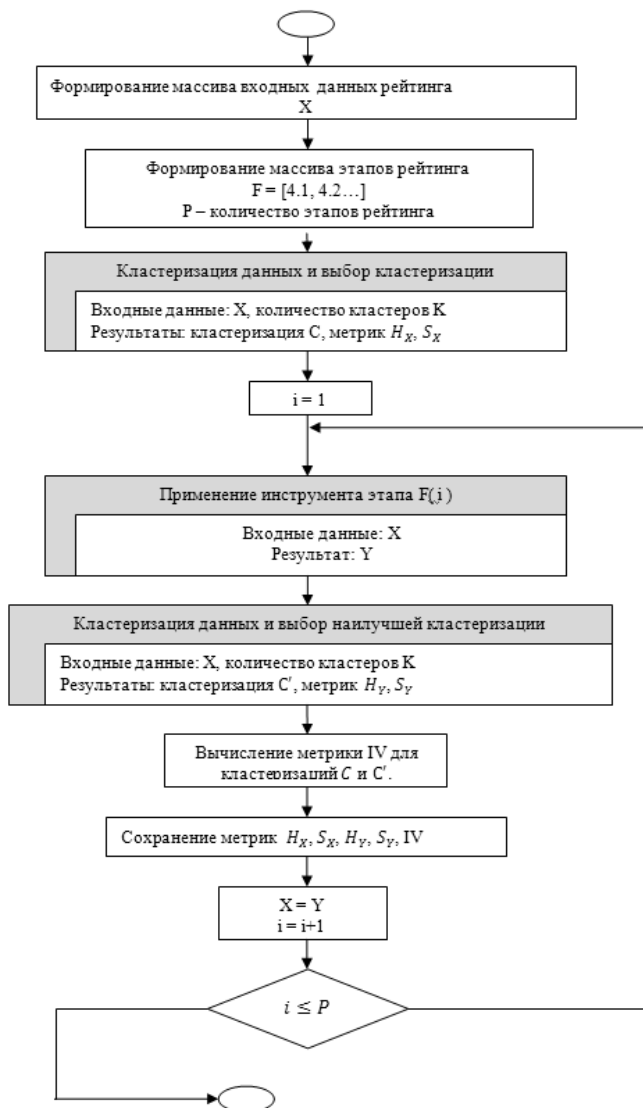


Рисунок 2

Алгоритм формирования данных для анализа методик

Figure 2

An algorithm to form methods for data analysis



Источник: составлено авторами

Source: Authoring

**Рисунок 3****Результаты сравнения методик оценки инновационного развития регионов****Figure 3****The results of comparison of the methods of regions' innovative development estimation**

Ввод и анализ данных   Построение методики   Визуализация, анализ   **Сравнение результатов**   Агрегация результатов

---

**Методики**

Поиск

| N                                       | Наименование  | Автор                     |
|---|---|---------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> I   | Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации (2013 г.)  | ВШЭ                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> II  | Система оценки инновационного развития регионов (2012-2013 г.)            | Бортник И.М. и др.        |
| <input checked="" type="checkbox"/> III | Рейтинг инновационных регионов (2013 г.)                                  | АИР                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> IV  | Рейтинг оценки региональных инновационных систем (1 вариант) (2013 г.)    | Михеева и др.             |
| <input checked="" type="checkbox"/> V   | Рейтинг оценки региональных инновационных систем (2 вариант) (2013 г.)    | Михеева Н.Н. и др.        |
| <input checked="" type="checkbox"/> VI  | Рейтинг оценки инновационного развития с учетом пространственных факторов | Шмидт Ю.Д., Лободина О.Н. |
| <input type="checkbox"/> VII            | Тестовая методика   | нет                       |

**Метрики для оценки**

| Наименование               | Входные данные                      | Результат                           |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Компактность (H)           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Отделимость (S)            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Устойчивость (St)          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Чувствительность (Sen)     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Индекс оценки силуэта (SI) | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Расстояние (IV)            | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |

**Выберите действие:** Характеристики входных данных и итоговых кластеризаций ▼

**Характеристики входных данных и итоговых кластеризаций**

|  | I         | II       | III      | IV       | V        | VI       |
|--|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Исходные показатели</b>   |           |          |          |          |          |          |
| Кол-во   | 36        | 16       | 23       | 34       | 34       | 26       |
| H  | 3.535E+10 | 1.92E+6  | 9.42E+6  | 2.98E+10 | 2.98E+10 | 0.58E+10 |
| S  | 4.343E+12 | 6.99E+7  | 3.049E+8 | 2.54E+12 | 2.54E+12 | 9.04E+11 |
| St   | 1.07016   | 0.610562 | 0.844394 | 0.79512  | 0.79512  | 0.78221  |
| Sen  | 0.936957  | 0.845682 | 0.566194 | 0.648213 | 0.648213 | 0.50927  |
| <b>Итоговые кластеризации</b>                                      |           |          |          |          |          |          |
| Кол-во   | 4         | 5        | 5        | 6        | 6        | 4        |
| H  | 0.00048   | 0.00039  | 0.00054  | 0.741523 | 0.02199  | 0.00047  |
| S  | 0.01254   | 0.00979  | 0.01332  | 1.21841  | 0.06997  | 0.01071  |
| St   | 0.315932  | 1.08654  | 0.390011 | 1.63796  | 1.44767  | 0.38671  |
| Sen  | 0.60038   | 0.81272  | 0.495264 | 2.53416  | 1.67454  | 0.59771  |
| <b>Расстояние между входными данными и итоговой кластеризацией</b> |           |          |          |          |          |          |
| IV   | 1.86849   | 2.20666  | 2.1273   | 1.99187  | 2.70454  | 1.69337  |

Источник: составлено авторами

Source: Authoring

**Список литературы**

- Бортник И.М., Сенченя Г.И., Михеева Н.Н., Здунов А.А., Кадочников П.А., Сорокина А.В. Система оценки и мониторинга инновационного развития регионов России // *Инновации*. 2012. № 9. С. 48–61.
- Бортник И.М., Зинов В.Г., Коцюбинский В.А., Сорокина А.В. Индикаторы инновационного развития регионов России для целей мониторинга и управления // *Инновации*. 2013. № 11. С. 21–32.
- Михеева Н.Н. Сравнительный анализ инновационных систем российских регионов // *Пространственная экономика*. 2014. № 4. С. 61–81.
- Михеева Н.Н. К вопросу об инновационных рейтингах российских регионов // *Современные производственные силы*. 2013. № 2. С. 54–67.
- Унтура Г.А., Есикова Т.Н., Зайцев И.Д., Морошкина О.Н. Проблемы и инструменты аналитики инновационного развития субъектов РФ // *Вестник Новосибирского государственного университета*. Серия: Социально-экономические науки. 2014. Т. 14. Вып. 1. С. 81–100.
- Киселев В.Н. Сравнительный анализ инновационной активности субъектов Российской Федерации // *Инновации*. 2010. № 4. С. 44–55.
- Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Вып. 2 / под ред. Л.М. Гохберга. М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014. 88 с.

8. *Asheim B.T., Isaksen A.* Regional Innovation Systems: The Integration of Local ‘Sticky’ and Global ‘Ubiquitous’ Knowledge. *The Journal of Technology Transfer*, 2002, vol. 27, iss. 1, pp. 77–86. doi: 10.1023/A:1013100704794
9. *Asheim B.T., Coenen L.* Knowledge Bases and Regional Innovation Systems: Comparing Nordic Clusters. *Research Policy*, 2005, vol. 34, iss. 8, pp. 1173–1190. doi: 10.1016/j.respol.2005.03.013
10. *Cooke Ph., Laurentis C., Todtling F., Trippel M.* Regional Knowledge Economies: Markets, Clusters and Innovation. Cheltenham, Edward Elgar, 2007, 328 p.
11. *Халимова С.* Оценка региональных различий развития инновационной деятельности // XV Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества: в 4-х кн. / отв. ред. Е.Г. Ясин. НИУ ВШЭ при участии Всемирного Банка и МВФ. Кн. 3. М.: ИД ВШЭ, 2015. С. 301–326.
12. *Канева М.А., Унтура Г.А.* Диагностика инновационного развития Сибири // Регион: экономика и социология. 2013. № 2. С. 173–197.
13. *Казанцев С.В.* Масштабы инновационной деятельности в субъектах Федерации // Регион: экономика и социология. 2012. № 4. С. 111–138.
14. *Сивоголовко Е.* Методы оценки качества четкой кластеризации // Компьютерные инструменты в образовании. 2011. Вып. 4. С. 14–31.
15. *Вятчин Д.А.* Нечеткие методы автоматической классификации. Минск: Технопринт, 2004. 219 с.
16. *Halkidi M., Batistakis Y., Vazirgiannis M.* Cluster Validity Methods: Part II. *SIGMOD Rec.*, 2002, vol. 31, no. 3, pp. 19–27.
17. *Meilă M.* Comparing Clusterings – An Information Based Distance. *Journal of Multivariate Analysis*, 2007, vol. 98, no. 5, pp. 873–895.
18. *Shmidt Yu.D., Martysenko N.S.* Modern Approaches to Consumer Markets Segmenting. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 2015, vol. 6, no. 5, pp. 367–374.
19. *Мандель И.Д.* Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. 176 с.
20. *Шмидт Ю.Д., Лободина О.Н.* Статистическое исследование основных характеристик экономического пространства страны // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. 2013. № 1. С. 22–35.

### Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## ON THE ASSESSMENT OF THE LEVEL OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF REGIONS OF RUSSIA

Yurii D. SHMIDT<sup>a,\*</sup>, Ol'ga N. LOBODINA<sup>b</sup>, Vladimir V. GRISHCHENKO<sup>c</sup>, Cui NINGBO<sup>d</sup><sup>a</sup> Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation  
syd@dvfu.ru<sup>b</sup> Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation  
relloudder@gmail.com<sup>c</sup> Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation  
vvg45@yandex.ru<sup>d</sup> North Eastern Agricultural University, Harbin, People's Republic of China  
82890000@163.com

\* Corresponding author

**Article history:**Received 14 July 2016  
Received in revised form  
28 July 2016  
Accepted 8 August 2016  
Available online  
15 February 2017**JEL classification:** C43, O33,  
R11**Keywords:** assessment,  
innovation development, method,  
clustering, quality**Abstract****Importance** The article analyzes the existing methodologies for ranking of innovative development of regions since there is a problem of choosing the most adequate one for comparative assessment of the level of innovation development of regions, because the results of the existing methods tend to vary considerably.**Objectives** The paper aims to form a generalized universal algorithm to create ratings and methodologies for comparative assessment of economic objects, and test the hypothesis that the metrics that characterize the quality of multivariable data clustering allow evaluating the impact of the tools offered in the techniques on the quality of the rating assessment of innovative development level of regions.**Methods** For the study, we used processing techniques of multivariate statistics, cluster analysis, and the metrics characterizing the multidimensional data clustering quality.**Results** The article offers certain tools for multivariate data clustering quality assessment. Using the tools, we have developed a methodological approach and software solution that allow to quantitatively and qualitatively compare input data, methodological schemes, and the results of rating evaluation, calculated by different methods, as well as create new integrated assessment methodologies for innovation development of territories.**Relevance** The developed methodological approach and evaluation tools can be used to analyze other objects and domains that require integrated assessment and comparative rating calculation.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2016

**Acknowledgments**

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant No. 15-56-53032.

**References**

1. Bortnik I.M., Senchenya G.I., Mikheeva N.N., Zdunov A.A., Kadochnikov P.A., Sorokina A.V. [A system of measurement and monitoring of the innovative activity in Russian regions]. *Innovatsii = Innovation*, 2012, no. 9, pp. 48–61. (In Russ.)
2. Bortnik I.M., Zinov V.G., Kotsyubinskii V.A., Sorokina A.V. [Indicators of innovative development of Russian regions for the purposes of monitoring and control]. *Innovatsii = Innovation*, 2013, no. 11, pp. 21–32. (In Russ.)
3. Mikheeva N.N. [A comparative analysis of innovative systems in the Russian regions]. *Prostranstvennaya ekonomika = Spatial Economics*, 2014, no. 4, pp. 61–81. (In Russ.)
4. Mikheeva N.N. [To the question of innovation rankings of Russian regions]. *Sovremennye proizvodstvennyye sily = Modern Productive Forces*, 2013, no. 2, pp. 54–67. (In Russ.)
5. Untura G.A., Esikova T.N., Zaitsev I.D., Moroshkina O.N. [Problems and analysis tools of innovation development of subjects of the Russian Federation]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sotsial'no-ekonomicheskie nauki = Vestnik of Novosibirsk State University. Series: Social and Economic Sciences*, 2014, vol. 14, iss. 1, pp. 81–100. (In Russ.)

6. Kiselev V.N. [A comparative analysis of the innovation activity of subjects of the Russian Federation]. *Innovatsii = Innovation*, 2010, no. 4, pp. 44–55. (In Russ.)
7. *Reiting innovatsionnogo razvitiya sub"ektov Rossiiskoi Federatsii: Vyp. 2* [Rating of innovative development of the Russian Federation subjects]. Moscow, National Research University Higher School of Economics Publ., 2014, Issue 2, 88 p.
8. Asheim B.T., Isaksen A. Regional Innovation Systems: The Integration of Local ‘Sticky’ and Global ‘Ubiquitous’ Knowledge. *The Journal of Technology Transfer*, 2002, vol. 27, iss. 1, pp. 77–86. doi: 10.1023/A:1013100704794
9. Asheim B.T., Coenen L. Knowledge Bases and Regional Innovation Systems: Comparing Nordic Clusters. *Research Policy*, 2005, vol. 34, iss. 8, pp. 1173–1190. doi: 10.1016/j.respol.2005.03.013
10. Cooke Ph., Laurentis C., Todtling F., Trippel M. Regional Knowledge Economies: Markets, Clusters and Innovation. Cheltenham, Edward Elgar, 2007, 328 p.
11. Khalimova S.R. [Evaluation of regional differences of the innovation activity development]. *XV Aprel'skaya mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva: v 4-kh kn* [Proc. 15th April Int. Sci. Conf. on Development of Economy and Society: in 4 volumes]. Moscow, HSE Publ., 2015, pp. 301–326.
12. Kaneva M.A., Untura G.A. [Diagnosis of the innovative development of Siberia]. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*, 2013, no. 2, pp. 173–197. (In Russ.)
13. Kazantsev S.V. [The extent of innovation in the constituent entities of the Federation]. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*, 2012, no. 4, pp. 111–138. (In Russ.)
14. Sivogolovko E.V. [Methods of evaluating the quality of clear clustering]. *Komp'yuternye instrumenty v obrazovanii = Computerized Tools in Education*, 2011, no. 4(96), pp. 14–31. (In Russ.)
15. Vyatchenin D.A. *Nechetkie metody avtomaticheskoi klassifikatsii* [Fuzzy methods of automatic classification]. Minsk, Tekhnoprint Publ., 2004, 219 p.
16. Halkidi M., Batistakis Y., Vazirgiannis M. Cluster Validity Methods: Part II. *SIGMOD Rec.*, 2002, vol. 31, no. 3, pp. 19–27.
17. Meilă M. Comparing Clusterings – An Information Based Distance. *Journal of Multivariate Analysis*, 2007, vol. 98, no. 5, pp. 873–895.
18. Shmidt Yu.D., Martysenko N.S. Modern Approaches to Consumer Markets Segmenting. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 2015, vol. 6, no. 5, pp. 367–374.
19. Mandel' I.D. *Klasternyi analiz* [A cluster analysis]. Moscow, Finansy i Statistika Publ., 1988, 176 p.
20. Shmidt Yu.D., Lobodina O.N. [A statistical study of the basic characteristics of the country's economic space]. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Vestnik of Pacific State Economics University*, 2013, no. 1(65), pp. 22–35. (In Russ.)

#### Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.