

Регионализация расчетов добавленной стоимости по отраслям промышленного производства на основе моделирования производственных функций

Полина Викторовна Крючкова^a,

Елена Викторовна Зарова^b

^a Департамент экономической политики и развития г. Москвы, г. Москва, Россия

^b ГБУ «Аналитический центр» при Правительстве Москвы, г. Москва, Россия

Международный, а также российский опыт построения региональных счетов свидетельствует о том, что не до конца решенными как в теоретическом, так и в практическом плане являются вопросы исчисления валовой добавленной стоимости (ВДС) в отраслевом разрезе на региональном уровне. Наиболее широко применяемым методическим подходом для этой цели является использование прямых и косвенных индикаторов, позволяющих распределить по регионам объем НДС в том случае, если отсутствует необходимая информация для прямого счета этого показателя на основе первичных данных, получаемых от местных производственных единиц.

В статье систематизированы методы регионализации НДС, предлагаемые в международных рекомендациях, в числе которых обосновывается актуальность и значимость применения метода производственных функций для получения отраслевых объемов НДС на уровне регионов. На основе комплекса математико-статистических методов проводится апробация метода производственных функций для выработки индикаторов регионализации НДС промышленных отраслей Российской Федерации, оценивается возможность уточнения индекса промышленного производства на основе структуры НДС, определяемой статистически значимой функциональной связью с производственными факторами, локализованными на территории соответствующих регионов.

Ключевые слова: валовая добавленная стоимость, регионализация, индикатор, производственная функция, коэффициент эластичности, кластер, коэффициент Рэнда.

JEL: C38, D24, E01, O11, O18, R11.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2019-26-4-45-58>.

Для цитирования: Крючкова П.В., Зарова Е.В. Регионализация расчетов добавленной стоимости по отраслям промышленного производства на основе моделирования производственных функций. Вопросы статистики. 2019;26(4):45-58.

Regionalization of Value Added Calculations by Industry on the Basis of Production Functions

Polina V. Kryuchkova^a,

Elena V. Zarova^b

^a Department of Economic Policy and Development of Moscow, Moscow, Russia

^b Analytical Center by Moscow City Government, Moscow, Russia

Both international and Russian experience of constructing regional accounts demonstrate the failure to address theoretical and practical issues related to calculating industry-specific gross value added (GVA) at a regional level. The most common approach for this type of calculations is using direct and indirect indicators. They allow for the GVA volume to be distributed across the regions if there is a lack of relevant information for its direct counting based on primary data from local production units.

The paper systematizes GVA regionalization methods proposed in international recommendations, among which the production functions method is recognized as relevant and valid to measure GVA industry volumes at a regional level. The authors tested production functions on

a set of mathematical and statistical methods to make GVA regionalization indicators for the Russian industries. The paper considers if there is room for elaborating industrial production index on the GVA structure determined by a statistically significant functional relationship with production factors localized on the territory of the respective regions.

Keywords: gross value added (GVA), regionalization, indicator, production function, coefficient of elasticity, cluster, Rand index.

JEL: C38, D24, E01, O11, O18, R11.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2019-26-4-45-58>.

For citation: Kryuchkova P.V., Zarova E.V. Regionalization of Value Added Calculations by Industry on the Basis of Production Functions. *Voprosy statistiki*. 2019;26(4):45-58.

Вступление. Базовый принцип построения региональных счетов состоит в том, что конечный результат производственной деятельности экономической единицы, характеризующийся показателем валовой добавленной стоимости (ВДС), должен отражаться в том регионе, где эта единица является резидентом. Другими словами, рассчитанная НДС относится к региону, на территории которого данная единица имеет центр преобладающего экономического интереса. Из этого следует, что и факторы производства (в частности, «труд» и «капитал») в статистическом учете также должны соответствовать тому региону и тому объему и составу добавленной стоимости, которая была произведена на его территории. Тем не менее, как следует из статистических данных Росстата (на примере регионов Центрального федерального округа), доля отдельных отраслей промышленности (В, С, D, E - по классификации ОКВЭД 2) в общем объеме НДС значительно отличается от доли этих же отраслей в общей численности занятых и стоимости основных производственных фондов по соответствующим регионам. Очевидно, что эти расхождения в значительной степени обусловлены региональными различиями показателей эффективности (производительности труда, фондоотдачи) в рассматриваемых отраслях. Однако в ряде случаев проявляется учетно-статистическая проблема: несмотря на то, что Росстат фиксирует и публикует ненулевые данные о численности занятых и стоимости основных производственных фондов, в ряде регионов по соответствующему виду деятельности указывается нулевой объем добавленной

стоимости. В качестве примера можно привести ряд регионов, для которых характерна такая ситуация по виду деятельности «D» - Добыча полезных ископаемых (по данным 2017 г., это г. Москва, Тамбовская и Вологодская области, Республика Мордовия). Исходя из нулевых значений доли вида деятельности «D» в составе НДС можно утверждать, что в перечисленных регионах отсутствует добывающее производство (или с учетом округлений оно близко к нулю). Но тогда возникают вопросы: где и каким образом учтена добавленная стоимость, созданная в этих регионах на «ненулевых» факторах производства (труд и капитал), и каким образом это перераспределение добавленной стоимости между регионами оказывает влияние на региональные значения показателей, расчет которых основан на показателях структуры НДС (например, индекс промышленного производства)?

Глубокое изучение причин отмеченных расхождений требует анализа методов расчета НДС и учета численности занятых и стоимости основных фондов по производственным единицам многотерриториальных предприятий, расположенных на территории определенных регионов. Этому направлению исследования посвящен ряд теоретических работ и методических руководств официальных статистических организаций, в том числе международных [1, с.151-167; 2, с. 192-193].

Однако решение задачи исчисления объема добавленной стоимости по месту ее создания (региону) производственными единицами многотерриториальных предприятий и в

соответствии с реальной отдачей факторов, задействованных в ее создании, не решит другой задачи, сформулированной в Руководстве Евростата «Manual on regional accounts methods» (2013). Суть ее в том, что «...методология региональных счетов должна быть сосредоточена на данных, которые могут быть использованы в качестве региональных показателей для оценки добавленной стоимости, если нет доступных прямых региональных данных, а также должна сосредоточиться на предпочтительных методах регионализации для окончательных и предварительных оценок» [3, с. 32]. Исходя из того, что в статистической практике прямые региональные данные о добавленной стоимости по видам экономической деятельности доступны далеко не по всем производственным единицам, проблема выбора индикаторов для целей регионализации сводных общенациональных данных об отраслевых объемах добавленной стоимости является весьма актуальной. При этом должен быть решен методический вопрос оценки ее объема по месту (региону) осуществления производственной деятельности на реально задействованных в отраслях факторах производства. Решению указанных проблем посвящена настоящая статья.

Производственные функции в системе методов регионализации ВДС. В вышеуказанном Руководстве Евростата по методам региональных счетов (Manual on regional accounts methods, 2013) изложены следующие методы для целей распределения ВДС по регионам (регионализации): восходящий, псевдовосходящий, нисходящий и смешанный.

Указанные методы (кроме нисходящего) основаны на информации, интегрируемой по «местным единицам вида деятельности» (local kind-of-activity units - local KAUs).

Понятие «местная единица вида деятельности»¹ формируется на пересечении признаков, определяющих понятия: местная единица (local unit - LU) и единица вида деятельности (kind of activity unit - KAU) (см. рис.1). Согласно определениям Евростата, местная единица (LU) является предприятием или его частью, расположенной в географически определенном месте (регионе). Единица вида деятельности (KAU) объединяет все подразделения предприятия, осуществляющие определенный вид деятельности на уровне класса (четыре цифры) Статистической классификации видов экономической деятельности в Европейском экономическом сообществе, Ред. 1 (NACE Rev. 1) [4].

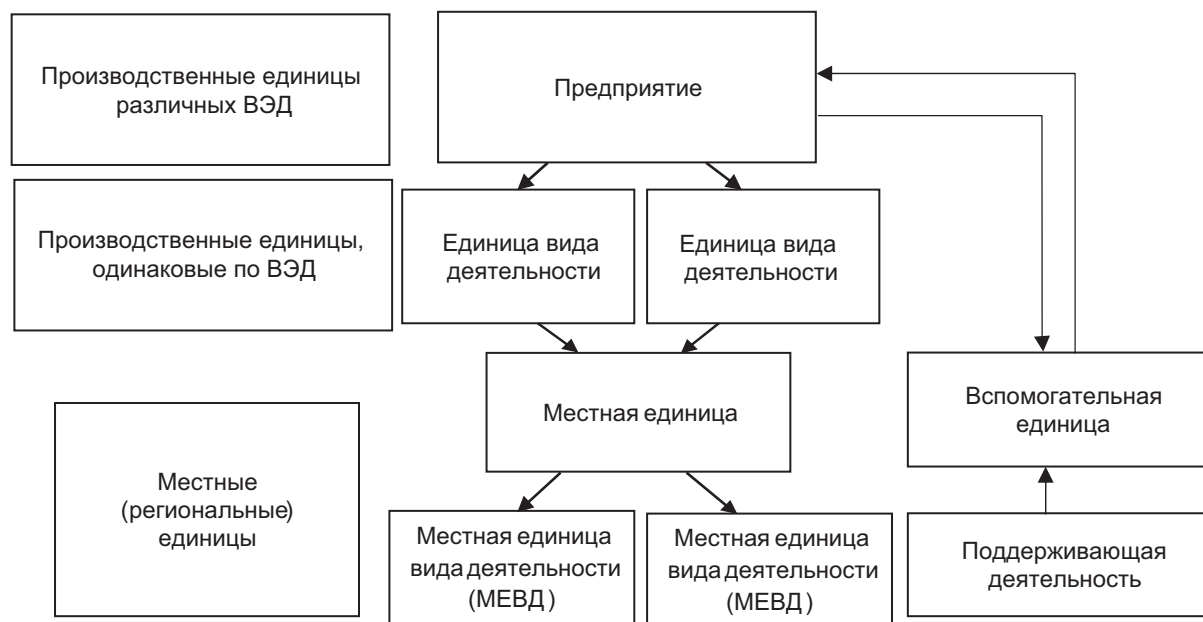


Рис. 1. Типы производственных единиц в соответствии с классификацией Евростата

Источник: [3, с. 25].

¹ Татаринов А.А. Статистические единицы для анализа производства в СНГ. Росстат. 2014. URL: <http://www.gks.ru/publish/konferenc/tatarinov.pdf>.

В международном стандарте системы национального счетоводства (СНС 2008) отмечается идентичность понятий «местная единица вида деятельности» и «заведение» [5, с. 99]. В данном документе, а также в соответствующих методологических положениях Росстата указано: «Понятие заведения включает в себя два аспекта - вид деятельности и место расположения. Заведение - это предприятие или часть предприятия, которое находится в одном месте и которое занято только одним видом производственной деятельности или в котором на основной вид деятельности приходится преобладающая доля добавленной стоимости» [6].

Совокупность заведений определенного вида деятельности образует понятие «отрасль» в методологии СНС. И это понятие является основополагающим в данной статье при рассмотрении методов регионализации ВДС в отраслевом разрезе.

В вышеуказанном международном стандарте СНС 2008 отмечается, что «...Единственный вид данных, которые будут иметь смысл для заведения - это данные, характеризующие его производственную деятельность» [5, с. 99], и приводится необходимый минимум статистических данных по заведениям, обеспечивающий возможность исчисления на их уровне добавленной стоимости:

«а» - данные, включаемые в счет производства и в счет образования доходов;

«б» - данные о численности работников, их категориях и количестве отработанных часов;

«с» - оценки запаса используемого нефинансового капитала и природных ресурсов;

«д» - оценки изменения запасов материальных оборотных средств и валового накопления основного капитала.

В руководствах Евростата «Manual on regional accounts methods» [3] и «Regional accounts methods: Gross value-added and gross fixed capital formation by activity» [7] рассматриваются методы регионализации показателей ВДС в отраслевом разрезе, применяемые в зависимости от наличия вышеуказанных исходных данных по производственным единицам:

Восходящий метод (bottom-up method). Восходящий метод оценки регионального объема ВДС по отраслям включает сбор данных (по вышеуказанным показателям «а»-«д») на уровне

местной единицы вида деятельности (МЕВД) и объединение этих данных для получения региональных итогов.

Псевдовосходящий метод (pseudo-bottom-up method). В случае отсутствия необходимой информации по МЕВД может использоваться псевдовосходящий метод, при котором необходимые для расчета ВДС данные по МЕВД определяются путем перераспределения соответствующих данных предприятия, или единиц вида деятельности (КАУ), или местной единицы (LU) с использованием региональных индикаторов. Затем полученные по МЕВД показатели могут быть агрегированы для получения региональных итогов ВДС в отраслевом разрезе так же, как в чисто восходящем методе. Этот метод, в основном, используется для многорегиональных предприятий.

Нисходящий метод (top-down method). Этот метод рекомендуется применять в ситуациях, когда исходные данные для регионализации ВДС недоступны на уровне МЕВД. При этом объем ВДС отрасли из данных национальных счетов распределяется по регионам с использованием определенных показателей (индикаторов). Согласно руководству Евростата, региональный индикатор представляет собой показатель или набор показателей, которые тесно связаны с оцениваемой переменной (добавленная стоимость, созданная в отрасли) и обеспечивают основу для расчета региональных пропорций, необходимых для распределения национальных итогов ВДС по соответствующему показателю добавленной стоимости. В литературе также выделяется «псевдонисходящий метод», к которому относятся случаи, когда «национальные данные распределяются по регионам в соответствии с относительными, но не слишком тесно связанными показателями» [3, с. 36].

Смешанные методы. Восходящий метод на практике редко встречается в чистом виде. В первичных данных по МЕВД всегда есть пробелы, которые должны быть заполнены с использованием псевдовосходящего и/или нисходящего метода. Смешанные методы регионализации являются основными в практике стран ЕС и России [6-7]. В Великобритании основным методом регионализации ВДС является нисходящий в связи с тем, что базовым методом расчета ВДС

в этой стране является доходный метод (расчет ВДС как суммы первичных доходов) [8, с. 7].

Выбор между восходящими и нисходящими методами зависит, как было сказано выше, в основном, от доступных статистических источников. Преимущество восходящего метода регионализации показателей ВДС в отраслевом разрезе состоит в более высокой точности и достоверности итоговых данных. Однако, поскольку не всегда имеется возможность получения необходимых для использования этого метода показателей по МЕВД, то международные статистические организации рекомендуют применение нисходящих методов для регионализации ВДС. Эти методы также применяются для получения альтернативных оценок с целью балансировки данных регионализации, полученных восходящим методом, с показателями СНС по экономике в целом.

На рис. 2 представлена схема, связывающая методы регионализации показателей,

используемых при расчете ВДС по сектору нефинансовых корпораций, и необходимую для их применения исходную информацию. Схема составлена на основе текстовых и графических рекомендаций приведенного выше Руководства Евростата [3, с. 36-38], а также методики Европейской статистической комиссии по расчету ВДС многотерриториальных предприятий [18]. На данной схеме блоки 0 и 2 основаны на первичной информации, получаемой на региональном уровне непосредственно от МЕВД и позволяющей рассчитать региональный объем ВДС в отраслевом разрезе (блок 0) производственным методом и распределительным методом (как сумму первичных доходов). Блоки 1 и 3 указывают на необходимую информацию для применения нисходящих методов в двух вариантах: с применением моделей производственных функций и с использованием индикаторов для перераспределения отраслевых объемов ВДС по регионам.

Блок 0 (производственный метод расчета ВДС на уровне МЕВД)		Блок 2 (расчет ВДС методом первичных доходов на уровне МЕВД)*
Имеются данные по МЕВД для расчета добавленной стоимости в отраслевом разрезе на региональном уровне		
Выпуск (в основных ценах)	Промежуточное потребление	Оплата труда Чистые налоги на производство Чистые налоги на импорт Валовая прибыль Валовые смешанные доходы
Блок 1		Блок 3
Имеются данные по региону в целом в отраслевом разрезе		
Метод регионализации отраслевых показателей ВДС на основе построения производственных функций с применением:		Метод регионализации отраслевых показателей ВДС с использованием в качестве индикаторов показателей:
показателей использования фактора «Труд»	показателей использования фактора «Капитал»	оплаты труда
		численности занятых
		отработанного времени

Рис. 2. Схема взаимосвязи исходных данных и методов регионализации отраслевых объемов ВДС

* В России не применяется

Данная статья посвящена реализации методов, представленных в блоке 1 вышеуказанного рисунка (отмечено серым цветом). Суть этих методов - использование для целей регионализации валовой добавленной стоимости производственных функций, представляющих модельную взаимосвязь отраслевых объемов ВДС и показателей, характеризующих объемы факторов производства (труда и капитала) по соответствующим отраслям на территории субъектов Российской Федерации.

Основой для выполнения исследования послужили теоретические и прикладные разработки по построению производственных функций в соответствии с концепцией Кобба-Дугласа [9] на региональном уровне, которые рассматриваются в ряде источников [10-15].

В таблице 1 представлены условные обозначения показателей, используемых для построения производственных функций с целью корректировки регионального распределения ВДС по отраслям промышленности.

Таблица 1

Обозначения переменных, используемых при построении моделей производственных функций для целей перерасчета доли промышленных отраслей в составе ВДС регионов, 2017 г.

Отрасли (ОКВЭД 2.0)	Обозначения доли отраслей в общем объеме региона по показателям		
	валовая добавленная стоимость, в текущих основных ценах	стоимость основных фондов, по полной учетной стоимости (F)	среднегодовая численность занятых (T)
A	1	2	3
<i>1-й блок показателей</i>			
В. Добыча полезных ископаемых	d_B_17	dF_B_17	dT_B_17
С. Обрабатывающие производства	d_C_17	dF_C_17	dT_C_17
Д. Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	d_D_17	dF_D_17	dT_D_17
Е. Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	d_E_17	dF_E_17	dT_E_17
<i>2-й блок показателей</i>			
Доля региона в общем объеме по Российской Федерации	dQ_17	dF_17	dT_17

В соответствии с аргументацией, представленной в статье J. Felipe, J. McComble [12, с. 4] о необходимости учета эффекта масштаба региональной экономики при построении производственных функций, в ее модель авторами настоящей статьи помимо факторов труда и капитала, примененных в производстве, был включен аргумент, характеризующий долю субъекта РФ в общем объеме ВРП.

Таким образом, исходный вид производственной функции, используемой в данном исследовании для последующей разработки моделей регионализации ВДС промышленных отраслей на основе официальных данных Росстата², представлен формулой:

$$Q_{ij} = A_{ij} K_{ij}^a L_{ij}^{(1-a)} Q_j^\gamma, \quad (1)$$

где Q_{ij} и Q_j - соответственно, объемы ВДС по i -й отрасли и экономике в целом в j -м регионе; K_{ij} - объем приме-

ненного капитала при производстве объема ВДС i -й отрасли в j -м регионе; L_{ij} - объем примененного труда при производстве объема ВДС i -й отрасли в j -м регионе; A_{ij} , a , $(1-a)$ - параметры функции.

Оцениваемые параметры модели (a , $(1-a)$, γ) характеризуют эластичность изменения результативного показателя объема ВДС по i -й отрасли в j -м регионе по изменению факторных показателей, то есть они показывают на сколько процентов изменится результативная величина Q_{ij} при изменении факторных величин K_{ij} и L_{ij} на 1%.

С учетом того, что отраслевой объем показателей ВДС, капитала (по имеющимся данным - стоимости основных производственных фондов) и труда (численности занятых) на региональном уровне определяется отраслевой структурой и общим объемом соответствующих показателей по экономике субъектов РФ, возможно перейти от объемного выражения результативного и факторных показателей к их

² Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: Стат. сб. / Росстат. М., 2018.

выражению в форме относительных величин структуры двух типов: а) показателей доли каждой отрасли в общих по региону объемах ВДС, стоимости основных производственных фондов и численности занятых; б) доли каждого региона в общих объемах вышеперечисленных показателей по Российской Федерации.

Сравнительная кластеризация субъектов РФ для целей построения производственных функций. С учетом того, что субъекты РФ весьма неоднородны по масштабу и структуре экономики, в качестве исходного этапа построения производственных функций для целей регионализации объемов ВДС по промышленным отраслям должен быть выполнен этап распределения субъектов РФ на однородные группы. При этом авторы предлагают две концептуально различные возможности использования показателей, принятых для построения моделей (см. таблицу 1).

Первая из них основана на предположении, что характер влияния факторов на производство ВДС имеет особенности в зависимости от масштабов и структуры экономики в регионе, которые в этом случае рассматриваются как экзогенные факторы по отношению к моделируемым с помощью производственных функций зависимостям по отраслям промышленности.

При данном (первом) подходе распределение регионов на однородные группы методами статистической кластеризации выполнялось по значениям исходных показателей, представленных в графе 1 таблицы 1, то есть по показателям доли промышленных отраслей в ВРП и доли региона в общей сумме ВРП по Российской Федерации.

Второй возможный подход для проведения кластеризации основывается на предположении, что отраслевые показатели структуры добавленной стоимости, а также стоимости основных производственных фондов и численности занятых на региональном уровне, как и на общенациональном уровне находятся в причинно-следственной зависимости (и эти взаимосвязи являются эндогенными по отношению к зависимостям, моделируемым как производственные функции). Этот подход явился логической основой кластеризации субъектов РФ по значениям главных компонент (обобщенных факторов), выделенных из общего признакового пространства показателей обоих блоков, представленных в графах 1-3 таблицы 1.

В соответствии с первым из вышеуказанных подходов была проведена кластеризация субъектов РФ методом *K*-средних. Картографическое представление выделенных кластеров приведено на рис. 3, а их типологизация на основе групповых характеристик - в таблице 2.



Рис. 3. Распределение субъектов РФ на кластеры на основе первого концептуального подхода

Примечание: наиболее светлым цветом указаны регионы первого кластера; промежуточным по интенсивности - второго кластера; наиболее темным цветом отмечены регионы третьего кластера.

Таблица 2

**Типы кластеров субъектов Российской Федерации по структурным характеристикам результатов
промышленного производства (1-й подход), 2017 г.
(в процентах)**

Наименование и условное обозначение кластерообразующей переменной	Средние значения кластерообразующих переменных		
	1-й кластер	2-й кластер	3-й кластер
Доля отрасли в объеме ВДС региона:			
В. Добыча полезных ископаемых (d_B_17)	23,8	0,616	0,363
С. Обрабатывающие производства (d_C_17)	9,33	18,11	16,58
Е. Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений (d_E_17)	0,561	0,796	0,807
Доля региона в общем объеме по Российской Федерации (d_Q_17)	0,945	1,743	0,111
Тип промышленного производства по отраслевой специализации	Промышленное производство ориентировано преимущественно на добычу полезных ископаемых; регионы обеспечивают относительно высокий вклад в общенациональное промышленное производство	Промышленное производство ориентировано преимущест- венно на обрабатывающее производство; регионы обеспечивают наиболее высокий вклад в общенациональное промышленное производство	Промышленное производство ориентировано преимущественно на обрабатывающее производство; регионы обеспечивают наименьший вклад в общенациональное промышленное производство
Число субъектов РФ в кластерах, единиц	34	33	15

Примечание: исходная переменная d_D_17 по результатам дисперсионного анализа не подтверждена как статистически значимая кластерообразующая переменная.

Реализация второго подхода, основанного на методе главных компонент, позволила выявить четыре обобщенных фактора, совместно обуславливающих 74,03% объясненной вариации общего признакового пространства. В таблице 3 представлено факторное обеспечение выделенных главных компонент с указанием статистически значимых факторных нагрузок на выделенные компоненты (выделено курси-

вом) и их содержательной интерпретации. В результате кластеризации субъектов Российской Федерации по значениям главных компонент методом *K*-средних так же, как и в предыдущем случае, было получено три кластера (значимыми кластерообразующими переменными оказались 1, 2 и 4-й факторы). Картограмма выделенных кластеров на главных компонентах представлена на рис. 4.



Рис. 4. Распределение субъектов РФ на кластеры на основе второго концептуального подхода

Примечание: наиболее светлым цветом указаны регионы второго кластера; промежуточным по интенсивности - первого кластера; наиболее темным цветом отмечены регионы третьего кластера.

Таблица 3

Главные компоненты признакового пространства, определяемого результативными и факторными структурными переменными промышленного производства по субъектам Российской Федерации, 2017 г.

Переменные	Факторные нагрузки на главные компоненты			
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
d_B_17	-0,275509	-0,092248	0,131757	-0,741453
d_C_17	0,909994	0,070336	0,115278	0,275626
d_D_17	0,061172	0,842560	-0,067522	-0,138408
d_E_17	0,461243	0,450098	-0,116057	0,396446
dT_B_17	-0,200911	0,065700	-0,162556	-0,813546
dT_C_17	0,906724	-0,034787	0,091719	0,287641
dT_D_17	-0,207594	0,592046	-0,116174	-0,467169
dT_E_17	0,737581	-0,177215	-0,117463	-0,072446
dF_B_17	-0,086885	0,024985	-0,054793	-0,883566
dF_C_17	0,860027	0,025091	0,144516	0,236197
dF_D_17	-0,002316	0,785407	0,021678	0,045364
dF_E_17	-0,122212	0,536221	0,276639	0,258652
dT_17	0,107387	0,018768	0,969013	0,063519
dQ_17	0,027339	-0,003846	0,984506	-0,003647
Интерпретация главных компонент	Обработывающие производства: взаимозависимость результатов и факторов производства на региональном уровне	Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха: фондообеспеченность результатов производства на региональном уровне	Вклад региона в общенациональные экономические результаты	Добыча полезных ископаемых: взаимозависимость результатов и факторов производства на региональном уровне
Кумулятивная объясненная вариация, процентов	32,03	47,89	62,57	74,03

Результаты кластеризации субъектов РФ, полученные на основе первого и второго вышеуказанных концептуальных подходов (см. рис. 4 и рис. 5) должны быть сопоставлены с целью получения вывода об их согласованности. Для этой цели возможно применение скорректированного индекса Рэнда (adjusted Rand index), представленного в публикации

K.Y. Yeng, W.L. Ruzzo [16]. Преимущества данного индекса по сравнению с другими метриками согласованности результатов кластерного анализа с априорно заданной иерархической группировкой единиц совокупности или другими результатами ее кластерного разбиения приведены в статье G.W. Milligan and M.C. Cooper [17, с. 441-458].

Таблица 4

Таблица сопряженности результатов кластеризации субъектов РФ на основе 1-го и 2-го концептуальных подходов

Кластеры субъектов РФ, выделенные на основе структурных характеристик промышленного производства (1-й подход)	Кластеры субъектов РФ, выделенные по значениям главных компонент, характеризующих взаимозависимость структурных показателей добавленной стоимости, стоимости основных производственных фондов и численности занятых по отраслям промышленности (2-й подход)			Сумма
	V1	V2	V3	
A	1	2	3	4
U1	3	28	3	34
U2	29	0	4	33
U3	9	2	4	15
Сумма	41	30	11	82

Примечание: в графах 1-4 показано число субъектов РФ.

Скорректированный индекс Рэнда рассчитывается по формуле [16, с. 2]:

$$I_{Rand} = \frac{\sum i, j \left(\frac{n_{ij}}{2} \right) - [\sum i \left(\frac{n_{i.}}{2} \right) \sum j \left(\frac{n_{.j}}{2} \right)] / \left(\frac{n}{2} \right)}{0,5 [\sum i \left(\frac{n_{i.}}{2} \right) + \sum j \left(\frac{n_{.j}}{2} \right)] - [\sum i \left(\frac{n_{i.}}{2} \right) \sum j \left(\frac{n_{.j}}{2} \right)] / \left(\frac{n}{2} \right)}, \quad (2)$$

где $n_{ij/2}$ - число сочетаний³ по 2 из числа единиц, содержащихся в таблице 4 на пересечении i -й строки и j -го столбца; $n_{i./2}$ - число сочетаний по 2 из итоговых чисел по строкам; $n_{.j/2}$ - число сочетаний по 2 из итоговых чисел по столбцам; $n/2$ - число сочетаний по 2 из общего числа кластеризуемых единиц (82 субъекта РФ).

Результат расчета скорректированного коэффициента Рэнда по данным таблицы 4 представлен ниже:

$$I_{Rand} = \frac{839 - 1194 \cdot 1310 / 3321}{0,5(1194 + 1310) - 1194 \cdot 1310 / 3321} = 0,471;$$

$$\sum i, j \left(\frac{n_{ij}}{2} \right) = \left(\frac{3}{2} \right) + \left(\frac{28}{2} \right) + \left(\frac{3}{2} \right) + \left(\frac{29}{2} \right) + \left(\frac{4}{2} \right) + \left(\frac{9}{2} \right) + \left(\frac{2}{2} \right) + \left(\frac{4}{2} \right) =$$

$$= 3 + 378 + 3 + 406 + 6 + 36 + 1 + 6 = 839;$$

$$\sum i \left(\frac{n_{i.}}{2} \right) = \left(\frac{34}{2} \right) + \left(\frac{33}{2} \right) + \left(\frac{15}{2} \right) = 561 + 528 + 105 = 1194;$$

$$\sum j \left(\frac{n_{.j}}{2} \right) = \left(\frac{41}{2} \right) + \left(\frac{30}{2} \right) + \left(\frac{11}{2} \right) = 820 + 435 + 55 = 1310;$$

$$\left(\frac{82}{2} \right) = 3321.$$

Значение скорректированного индекса Рэнда находится в пределах от 0 до 1 (при этом 1 означает полное согласование результатов кластеризации со сравниваемым распределением единиц на иерархические группы).

Полученное значение скорректированного индекса Рэнда (0,471) свидетельствует о невысокой согласованности полученных кластерных структур, а следовательно, о необходимости выбора одного из представленных выше вариантов кластеризации. Сравнительная оценка однородности выделенных кластеров приводит к выводу о необходимости использования в качестве базовой для разработки производственных функций кластеризации, произведенной в соответствии с первым из вышеобозначенных подходов (см. таблицу 2).

Оценки параметров производственных функций и пересчет региональной структуры добавленной стоимости промышленного производства. На основе данных по Российской Федерации получены статистические оценки параметров производственных функций, модели которых представлены ниже:

В. Доля отрасли «Добыча полезных ископаемых» в составе ВДС региона:

$$d_B_17 = 0,554 (dT_B_17)^{0,531} (dF_B_17)^{0,469} (dQ_16)^{0,240}$$

$$R = 0,589;$$

С. Доля отрасли «Обрабатывающие производства» в составе ВДС региона:

$$d_C_17 = 0,341 (dT_C_17)^{0,451} (dF_C_17)^{0,549}$$

$$R = 0,683;$$

Д. Доля отрасли «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» в составе ВДС региона:

$$d_D_17 = -0,267 (dT_D_17)^{0,446} (dF_D_17)^{0,554}$$

$$R = 0,702;$$

Е. Доля отрасли «Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений» в составе ВДС региона:

$$d_E_17 = -0,263 (dT_E_17)^{0,714} (dF_E_17)^{0,286}$$

$$R = 0,500.$$

Значения коэффициентов множественной корреляции R свидетельствуют об относительно невысоких объясняющих свойствах полученных моделей (удельный вес объясненной вариации составляет 25-49%). Тем не менее, представленные параметры моделей статистически значимы по t -критерию Стьюдента, и можно сделать сравнительные выводы об эластичности доли каждой рассматриваемой промышленной отрасли в общем объеме ВРП по используемым факторным структурным показателям (см. таблицу 1). Коэффициенты эластичности в данном случае представлены показателями степени при факторных переменных.

Как следует из полученных оценок параметров при факторных переменных приведенных

³ Для расчета числа сочетаний возможно использовать электронный калькулятор (см. например: www.matburo.ru/tvart_sub.php?p=calc_C).

вышестепенных моделей, по отраслям групп *B* и *E* более высокая эластичность характерна для факторного показателя «доля соответствующей отрасли в общей численности занятых по региону» и менее высокая - по факторному показателю «доля основных производственных фондов соответствующей отрасли в общем объеме по региону». Для отраслей групп *C* и *D* характерна обратная ситуация: большая эластичность зависимой структурной переменной по фактору «капитал» и меньшая - по фактору «труд».

При этом наиболее высокий отклик на изменение доли в объеме фактора «труд» выявлен по отрасли «Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений». Повышение доли этой отрасли в общей численности занятых по региону на 1% приводит к изменению доли этой отрасли в составе ВРП на 0,714%.

Наиболее высокая реакция на изменение «долевой» характеристики по фактору «капитал» установлена по отрасли «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха». Рост доли этой отрасли в общей стоимости основных производственных фондов по региону на 1% приводит к изменению доли этой отрасли в составе ВРП на 0,554 %.

По отрасли «Обрабатывающие производства» коэффициенты эластичности по обоим факторам отличаются незначительно (0,451 и 0,549). Обращает на себя внимание также тот факт, что масштаб экономики региона статистически значимо связан со структурной характеристикой доли в объеме ВРП только по отрасли «Добыча полезных ископаемых», но коэффициент эластичности при этом факторе относительно невысокий - 0,240.

Представленные выше результаты построения и анализа статистических моделей в целом по Российской Федерации дают убедительное подтверждение необходимости (и возможности) регионализации отраслевых показателей ВДС с использованием производственных функций. Однако для обеспечения их более высокой статистической надежности необходимо при их построении обеспечить учет региональных особенностей, проявляющихся в выделенных кластерах субъектов РФ.

Оценки коэффициентов эластичности, соответствующие параметрам производственных функций, построенных на структурных результатах и факторных показателях деятельности промышленных отраслей по кластерам субъектов РФ, приведены в таблице 5.

Таблица 5

Коэффициенты эластичности по факторам «труд» и «капитал» моделей производственных функций, построенных с использованием структурных показателей промышленных отраслей по кластерам субъектов РФ, 2017 г.

Отрасли	Показатели эластичности по факторам		Коэффициент множественной корреляции (R)
	«Труд» - доля отрасли в общей численности занятых	«Капитал» - доля отрасли в общей стоимости основных производственных фондов	
1-й кластер			
“B”	0,321	0,679	0,881
“C”	0,533	0,467	0,917
“D”	0,452	0,548	0,874
“E”	0,627	0,373	0,657
2-й кластер			
“B”	0,889	0,111	0,762
“C”	0,250	0,750	0,966
“D”	0,247	0,753	0,742
“E”	0,967	0,033	0,639
3-й кластер			
“B”	0,791	0,209	0,654
“C”	0,712	0,288	0,921
“D”	0,759	0,241	0,638
“E”	0,976	0,024	0,540

Как следует из данных таблицы 5, выделенные кластеры субъектов РФ имеют специфику по

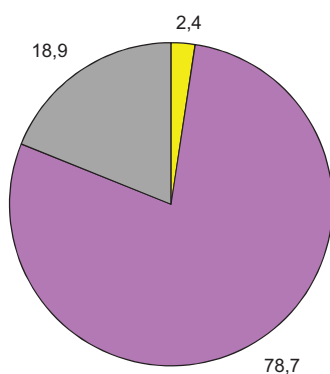
реакции отраслевой структуры промышленного производства на изменение факторных показате-

лей отраслевой структуры занятости и стоимости основных производственных фондов. Наиболее характерная особенность, проявляющаяся в регионах 3-го кластера по всем рассматриваемым отраслям, состоит в том, что наблюдается значительно более высокий отклик изменения доли отрасли в составе ВДС на изменение соответствующей доли по фактору «труд» и при этом существенно более слабый отклик на изменение аналогичного показателя по фактору «капитал». При этом отмеченная «статистическая реакция» имеет обратный характер в регионах 1-го и 2-го кластеров. Кроме того, выделено факторное влияние по отдельным отраслям: а) по отрасли *С* (Обрабатывающие производства) в регионах 2-го кластера установлена значительно более высокая «реакция» на факторный показатель «капитал», чем на факторный показатель «труд» по сравнению с аналогичной отраслью в регионах других кластеров; б) по отрасли *В* (Добыча полезных ископаемых) такая же особенность (преимущественная «реакция» на «капитал»)

проявилась в регионах 1-го кластера, тогда как в регионах 2-го и 3-го кластеров доля этой отрасли в составе ВДС более значимо «реагирует» на ее изменение в составе численности занятых.

На рис. 5 представлены полученные результаты пересчета отраслевой структуры промышленного производства на основе применения вышеизложенного метода производственных функций и уточнения на основе этого значения индекса промышленного производства по городу Москве в 2017 г. (см. рис. 6). Как следует из данных рис. 5, согласование по субъектам РФ отраслевой структуры промышленного производства с отраслевой структурой факторов производства на соответствующей территории даже на уровне ОКВЭД самого верхнего порядка приведет к изменению официальных оценок объема и отраслевой структуры ВДС как по экономике регионов, так и по экономике страны в целом. Вместе с тем, оно послужит основанием корректировки значений связанных показателей, в частности, индекса промышленного производства.

Отраслевая структура промышленного производства по г. Москве (данные Росстата)



Отраслевая структура промышленного производства, согласованная с отраслевой структурой факторов производства по г. Москве

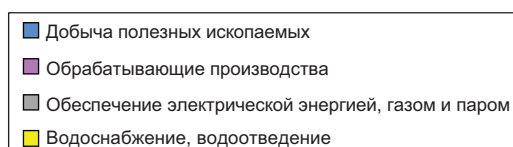
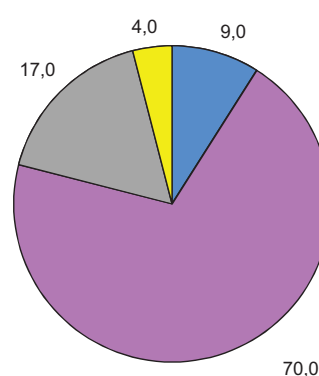


Рис. 5. Результаты пересчета отраслевой структуры промышленного производства на основе метода производственных функций и уточнения исходя из этого значения индекса промышленного производства по г. Москве, 2017 г. (в процентах)

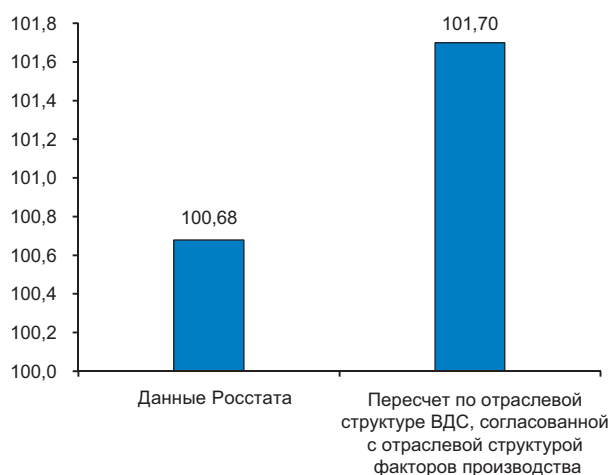


Рис. 6. Индекс промышленного производства по г. Москве, 2017 г. (в процентах)

Проведенные экспериментальные расчеты показали, что выполненные на основе построения производственных функций согласования отраслевой структуры результатов и факторов промышленного производства, обосновывают корректировку по г. Москве опубликованного за 2017 г. значения ИПП в большую сторону на 1,02 п. п.

Заключение. Представленные результаты имеют практическую значимость, поскольку демонстрируют возможности использования имеющихся данных Росстата для уточнения регионального распределения ВДС в отраслевом разрезе, а также применения полученных результатов по промышленным отраслям для повышения согласованности индексов промышленного производства со структурой ВДС, которая в значительной степени зависит от отраслевой структуры факторов производства.

Литература

1. Руководство по измерению глобального производства. Организация Объединенных Наций. Нью-Йорк и Женева, 2016. URL: https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/Guide_to_Measuring_Global_Production_RU.pdf.
2. Lazonick W. Business Organization and the Myth of the Market Economy. Cambridge University Press. 1994.
3. Manual on regional accounts methods (2013). Eurostat. URL: https://www.google.com/search?q=manual+on+regional+accounts+methods&rlz=1C1HLDY_ruRU751RU751&oq=manual+&aqs=chrome.2.69i57j69i60j69i59j35i39j0l2.9113j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8.
4. NACE Rev. 1 - Statistical classification of economic activities in the European Community. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/CA-80-93-436>.

eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/CA-80-93-436.

5. Система национальных счетов 2008, Европейская комиссия, Международный валютный фонд, Организация экономического сотрудничества и развития, Организация Объединенных Наций, Всемирный банк. URL: <https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/sna2008russian.pdf>.

6. Методологические положения Росстата (п.7). URL: http://www.gks.ru/bgd/free/B99_10/IssWWW.exe/Stg/d000/i000310r.htm.

7. Regional accounts methods. Gross value-added and gross fixed capital formation by activity (1995). Eurostat. URL: https://unstats.un.org/unsd/economic_stat/China/Regional%20Accounts%20Methods-GVA-GFCF-EU.pdf.

8. UK regional accounts methodology guide, 2014, URL: [http://C:/Users/ZarovaEV/Downloads/regionalaccounts methodologyguidetcm77253851%20\(4\).pdf](http://C:/Users/ZarovaEV/Downloads/regionalaccounts methodologyguidetcm77253851%20(4).pdf).

9. Cobb C.W., Douglas P.H. A Theory of Production. American Economic Review Supplement, Papers and Proceedings 18(1). 1928.

10. Гафарова Е.А. Моделирование регионального развития на основе производственных функций. Институт Государственного управления, права и инновационных технологий (ИГУПИТ) // Интернет-журнал «Наукоедение». 2013. № 3. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/39evn313.pdf>.

11. Иванова И.А., Кугушева К.В. Исследование факторов качества экономического роста республики Мордовия на основе производственных функций. URL: http://sisupr.mrsu.ru/2012-2/PDF/Ivanova_Kugusheva.pdf.

12. Felipe J., McCombie J. Problems with Regional Production Functions and Estimates of Agglomeration Economies: A Caveat Emptor for Regional Scientists. Cambridge Centre for Economic and Public Policy. Working Paper No. 725. URL: http://www.levyinstitute.org/pubs/wp_725.pdf.

13. Ascari G., Di Cosmo V. 2004. Determinants of Total Factor Productivity in the Italian Regions. Working Paper # 170 (12/04). Pavia, Italy: Department of Economics, University of Pavia. URL: http://economia.unipav.it/pagp/pagine_personali/gascari/ijrs.pdf.

14. Cohen J.P., Morrison Paul C.J. Agglomeration, Productivity, and Regional Growth: Production Theory Approaches. In R. Capello & P. Nijkamp (Eds.), Handbook of Regional Growth and Development Theories. Cheltenham: Edward Elgar. 2009.

15. Eckey H-F, Kosfeld R., Turck M. Regional Convergence in Germany: A Geographically Weighted Regression Approach. Spatial Economic Analysis // Taylor & Francis Journals, vol. 2(1), pp. 45-64. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17421770701251905>.

16. Yeung K.E., Ruzzo W.L. Details of the Adjusted Rand index and Clustering algorithms Supplement to the paper «An empirical study on Principal Component Analysis for clustering gene expression data» (to appear in Bioinformatics). 2001. URL: <http://faculty.washington.edu/kayee/pca/supp.pdf>.

17. Milligan G.W., Cooper M.C. A study of the comparability of external criteria for hierarchical cluster analysis. Multivariate Behavioral Research. 1986;21(4):441-58.

Информация об авторах

Крючкова Полина Викторовна - д-р экон. наук, заместитель руководителя Департамента экономической политики и развития г. Москвы, профессор Департамента прикладной экономики факультета экономических наук НИУ ВШЭ. 125032, г. Москва, Вознесенский пер., 21. E-mail: KryuchkovaPV@mos.ru. ORCID: [https:// orcid org/0000-0003-2609-4511](https://orcid.org/0000-0003-2609-4511).

Зарова Елена Викторовна - д-р экон. наук, профессор, заместитель руководителя проектного офиса ГБУ «Аналитический центр», профессор кафедры статистики РЭУ им. Г.В. Плеханова. 119019, г. Москва, ул. Новый Арбат, д. 11, стр. 1. E-mail: ZarovaEV@develop.mos.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-2534>.

References

1. United Nations. *Guide to Measuring Global Production*. New York, Geneva: 2015. Available from: https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/Guide_to_Measuring_Global_Production_RU.pdf. (In Russ.)
2. **Lazonick W.** *Business Organization and the Myth of the Market Economy*. Cambridge University Press. 1994.
3. Manual on Regional Accounts Methods (2013). Eurostat. Available from: https://www.google.com/search?q=manual+on+regional+accounts+methods&rlz=1C1HLDY_ruRU751RU751&oq=manual+&aqs=chrome.2.69i57j69i60j69i59j35i39j0l2.9113j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8.
4. NACE Rev. 1 - Statistical Classification of Economic Activities in the European Community. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/CA-80-93-436>.
5. European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic United Nations, Co-operation and Development, World Bank. *System of National Accounts 2008*. Available from: <https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/sna2008russian.pdf>. (In Russ.)
6. Rosstat Methodological Guidelines(par. 7). Available from: http://www.gks.ru/bgd/free/B99_10/IssWWW.exe/Stg/d000/i000310r.htm. (In Russ.)
7. Eurostat. Regional accounts methods. Gross value-added and gross fixed capital formation by activity (1995). Available from: https://unstats.un.org/unsd/economic_stat/China/Regional%20Accounts%20Methods-GVA-GFCF-EU.pdf.
8. UK Regional Accounts Methodology Guide, 2014, Available from: [http://C:/Users/ZarovaEV/Downloads/regionalaccountsmethodologyguidetcm77253851%20\(4\).pdf](http://C:/Users/ZarovaEV/Downloads/regionalaccountsmethodologyguidetcm77253851%20(4).pdf).
9. **Cobb Ch.W., Douglas P.H.** A Theory of Production. *American Economic Review. Supplement, Papers and Proceedings of the Fortieth Annual Meeting of the American Economic Association*. 1928;18(1):139-165.
10. **Gafarova E.A.** Modeling of Regional Development Based on Production Functions. *Naukovedenie*. 2013;3. (In Russ.) Available from: <https://naukovedenie.ru/PDF/39evn313.pdf>.
11. **Ivanova I.A., Kugusheva K.V.** The Study of the Quality Factors of Economic Growth of the Republic of Mordovia on the Basis of Production Functions. (In Russ.) Available from: http://sisupr.mrsu.ru/2012-2/PDF/Ivanova_Kugusheva.pdf.
12. **Felipe J., McCombie J.** Problems with Regional Production Functions and Estimates of Agglomeration Economies: A Caveat Emptor for Regional Scientists. Cambridge Centre for Economic and Public Policy. Working Paper No. 725. Available from: http://www.levyinstitute.org/pubs/wp_725.pdf.
13. **Ascari G., Di Cosmo V.** 2004. Determinants of Total Factor Productivity in the Italian Regions. Working Paper # 170 (12/04). Pavia, Italy: Department of Economics, University of Pavia. Available from: http://economia.unipv.it/pagp/pagine_personali/gascari/ijrs.pdf.
14. **Cohen J.P., Morrison Paul C.J.** Agglomeration, Productivity, and Regional Growth: Production Theory Approaches. In: Capello R., Nijkamp P. (eds.) *Handbook of Regional Growth and Development Theories*. Cheltenham: Edward Elgar. 2009.
15. **Eckey H-F., Kosfeld R., Turck M.** Regional Convergence in Germany: A Geographically Weighted Regression Approach. *Spatial Economic Analysis. Taylor & Francis Journals*. 2007;2(1):45-64. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17421770701251905>.
16. **Yeung K.E., Ruzzo W.L.** Details of the Adjusted Rand Index and Clustering Algorithms Supplement to the Paper «An empirical study on Principal Component Analysis for Clustering Gene Expression Data» (to appear in *Bioinformatics*). 2001. Available from: <http://faculty.washington.edu/kayee/pca/supp.pdf>.
17. **Milligan G.W., Cooper M.C.** A Study of the Comparability of External Criteria for Hierarchical Cluster Analysis. *Multivariate Behavioral Research*. 1986;21(4):441-58.

About the Authors

Polina V. Kryuchkova - Dr. Sci. (Econ.); Deputy Head, Department of Economic Policy and Development of Moscow; Professor, Faculty of Economic Sciences, Department of Applied Economics, National Research University Higher School of Economics. 21, Voznesenskiy Pereulok, Moscow, 125032, Russia. E-mail: KryuchkovaPV@mos.ru. ORCID: [https:// orcid org/0000-0003-2609-4511](https://orcid.org/0000-0003-2609-4511).

Elena V. Zarova - Dr. Sci. (Econ.), Professor, Deputy Head, Project Office, Analytical Center by Moscow City Government; Professor, Department of Statistics, Plekhanov Russian University of Economics. 11, New Arbat Ave., Bldg. 1, Moscow, 119019, Russia. E-mail: ZarovaEV@develop.mos.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-2534>.