

ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ В СТРУКТУРЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ*

Афанасьев М.Ю., Кудров А.В.

Рассматривается задача группирования регионов по структуре сильных секторов, выявления особенностей сформированных групп и оценки их экономической сложности. Построены минимальные покрывающие деревья, позволяющие выявить группы регионов с близкой структурой сильных секторов. Результаты группирования не противоречат ранее полученным авторами результатам кластеризации регионов по отраслевой структуре ВРП. Выполнена типологизация групп регионов по структуре сильных секторов в соответствии с действующим классификатором секторов экономики.

DOI: 10.20537/mce2020econ14

Введение. Современные представления об экономической сложности связаны с диверсификацией производства. Страны, экспортирующие более «сложные» товары, обычно имеют более высокий уровень подушевого материального благосостояния, чем страны, экспортирующие простые товары. Причем возможна структурная трансформация экономики и переход от более простых форм производства к более сложным, который сопровождается ростом уровня социально-экономического развития. Сравнительно недавно разработана процедура, которая позволяет измерять экономическую сложность как секторов, так и структуры экономики в целом [1–4]. Далее, в отличие от традиционного подхода, в соответствии с которым концепция выявленных сравнительных преимуществ [5] применяется по отношению к производимым продуктам, акцент делается на исследование секторов экономики региона. Рассматривается задача группирования регионов по структуре сильных секторов, выявления особенностей сформированных групп регионов и оценки их

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект РФФИ 20-010-00223).

экономической сложности. Полученные результаты могут быть использованы для решения задач проектного управления [6].

Методология исследований. Для описания структуры сильных секторов экономики региона используется авторское обобщение подхода к оценке экономической сложности, описанного в [7, 8], основанное на использовании данных о налоговых поступлениях по секторам экономики. Эти данные учитывают объемы производства каждого сектора экономики для экспорта и для внутреннего потребления.

Предпосылка 1. Данные о налоговых поступлениях отражают пропорции объемов производства секторов экономики в стоимостном выражении.

Показатель RCA_{cp} выявленных сравнительных преимуществ определяется по формуле

$$RCA_{cp} = (y_{cp} / \sum_p y_{cp}) / (\sum_c y_{cp} / \sum_{cp} y_{cp}), \quad (1)$$

где y_{cp} — объем налоговых поступлений от сектора p экономики региона c . Соответственно, RCA_{cp} представляет собой отношение доли налоговых поступлений от сектора p в общем объеме налоговых поступлений от всех секторов экономики региона c к доле налоговых поступлений от сектора p по всем регионам в объеме налоговых поступлений от всех секторов экономики всех регионов. В соответствии с работами, в которых показатель RCA_{cp} используется для оценки выявленных сравнительных преимуществ в экономиках [9], на него накладывается ограничение снизу. Если значение RCA_{cp} превышает единицу*, то с учетом предпосылки 1 можно считать, что экономика региона c обладает выявленными сравнительными преимуществами в выпуске продукции сектора p . В противном случае считается, что выявленных сравнительных преимуществ не существует. При помощи RCA определяется матрица M , содержащая данные о секторах экономики, которые в разных регионах развиты на уровне выявленных сравнительных преимуществ, определенных при помощи выражения (1). Строки этой матрицы соответствуют регионам, столбцы — секторам экономики. Элемент $x_{c,p}$ матрицы M равен 0, если у региона c отсутствуют выявленные сравнительные преимущества

* Могут использоваться и другие пороговые значения, превышающие единицу.

в производстве продукции сектора p , определяемые при помощи выражений (1), и 1 в противном случае. То есть, выполняется условие

$$x_{cp} = \begin{cases} 1, & \text{если } RCA_{cp} > 1 \\ 0, & \text{если } RCA_{cp} \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

При помощи матрицы M могут быть получены характеристики уровня диверсификации экономики региона, идентифицирующие сильные сектора, продукцию которых регион производит на уровне выявленных сравнительных преимуществ, а также рассчитаны индексы, позволяющие проводить сравнительный анализ экономической сложности разных регионов.

Для формирования групп регионов, близких по структуре сильных секторов, использован подход, основанный на теории графов. На основе матрицы M , описывающей структуру сильных секторов субъектов РФ, мы построим иерархию взаимосвязей структур сильных секторов в виде, так называемого, «минимального покрывающего дерева» и изучим его топологические свойства. Следует отметить работы, в которых «минимальные покрывающие деревья» использовались для корреляционных сетей:

- цен акций компаний, торгуемых на рыках США [10, 11], Великобритании [12] и Японии [13]. Один из важных результатов, полученных в этих работах, состоит в обнаружении группирования акции компаний из одного сектора на «ветке минимального покрывающего дерева»;
- данных магнитоэнцефалографии различных участков головного мозга человека. Выявление и изучение функциональных модулей головного мозга с использованием магнитоэнцефалографических метрик позволяет более точно определять целевые участки головного мозга в случае необходимости хирургии. В результате применения минимальных покрывающих деревьев получены функциональные модули головного мозга, состоящие из участков, выполняющих единые функции, и расположенные по «веткам» дерева [14, 15];
- показателей при построении индикаторов социально-экономического развития [16].

Обозначим неориентированный граф взаимосвязей структур сильных секторов регионов, каждая из которых описывается строкой матрицы M , через $G = (V, E)$ где V — набор узлов, каждому из которых соответствует регион из совокупности m рассматриваемых регионов; E — совокупность ребер. При помощи ребер E соединяются узлы V . Каждое

ребро характеризуется силой взаимосвязи или расстоянием между соответствующими узлами.

Более формально, пусть в фиксированный момент времени для каждого региона $c \in \{1, \dots, m\}$, где m — число рассматриваемых регионов, имеется вектор-строка $X_c = (x_{c,1}, \dots, x_{c,n})$ матрицы M , описывающая структуру сильных секторов региона c (здесь n — число секторов экономики). Определим расстояние между векторами X_i и X_j , $i, j \in \{1, \dots, m\}$ как

$$d(X_i, X_j) = \sqrt{1 - \left(\frac{2(X_i, X_j)}{|X_i| + |X_j|} \right)^2}. \quad (3)$$

Величина $\frac{(X_i, X_j)}{|X_i| + |X_j|}$ — доля общих сильных секторов в суммарном

числе сильных секторов двух регионов. Если структуры сильных секторов двух регионов совпадают, то $X_i = X_j$ и $d(X_i, X_j) = 0$. В этом случае регионы не отличаются по структуре сильных секторов и будут отнесены к одной группе

Определение (покрывающее дерево). Подграф $G' = (V, E')$ графа G называется покрывающим деревом, если в нем все узлы V соединены при помощи $|V| - 1$ ребра.

Можно показать, что граф G будет связным тогда и только тогда, когда для него найдется покрывающее дерево. Предположим, что граф G является связным. Тогда существует хотя бы одно покрывающее дерево графа G . Среди всех покрывающих деревьев графа G нас будут интересовать в некотором смысле минимальные:

Определение (минимальное покрывающее дерево). Покрывающее дерево \tilde{G}' для графа G называется минимальным покрывающим деревом, если

$$\tilde{G}' = \arg \min_{G' \in H} \sum_{(X_i, X_j \in E')} d(X_i, X_j),$$

где H — множество всех покрывающих деревьев графа G .

Использование минимальных покрывающих деревьев позволяет выявить группы близких узлов графа G , извлекая из матрицы M наиболее сильные связи в структуре сильных секторов. В результате, близкие узлы

графа G выстраиваются в форме “ветки” минимального покрывающего дерева. И хотя переход к минимальному покрывающему дереву сопровождается потерей некоторых связей между показателями, он позволяет идентифицировать «ветки» показателей, характеризующихся единой спецификой. Существует ряд алгоритмов построения минимального покрывающего дерева графа G . В данном исследовании использован алгоритм Крускала [17].

Понятие экономической сложности региона рассматривается как характеристика, отражающая уровень его технологического развития, который, в свою очередь, определяется сильными секторами в структуре его экономики. Аналогично, экономическая сложность сектора зависит от уровня технологического развития тех регионов, в которых этот сектор присутствует в структуре в качестве сильного. Дадим более формальное определение экономической сложности, соответствующее процедуре ее вычисления, представленной в работе [8]:

а) экономическая сложность региона (ECI_c) или сектора (ECI_p) — это латентная характеристика;

б) экономическая сложность региона пропорциональна среднему уровню экономической сложности сильных секторов в структуре его экономики. А именно:

$$ECI_c = a_1 \sum_p w_{c,p} ECI_p, \text{ где } w_{c,p} = \frac{m_{c,p}}{k_{c,0}}, k_{c,0} = \sum_p x_{c,p},$$

a_1 — положительная константа;

с) экономическая сложность сектора пропорциональна среднему уровню экономической сложности регионов, в структуре экономики которых этот сектор является сильным:

$$ECI_p = a_2 \sum_c w_{p,c}^* ECI_c, \text{ где } w_{p,c}^* = \frac{m_{c,p}}{k_{d,0}}, k_{d,0} = \sum_c x_{c,p},$$

a_2 — положительная константа.

Введем некоторые дополнительные обозначения:

$c = (ECI_{c_1}, ECI_{c_2}, \dots)$ — вектор значений экономической сложности для регионов;

$p = (ECI_{p_1}, ECI_{p_2}, \dots)$ — вектор значений экономической сложности для секторов;

$W_1 = (w_{c,p}), W_2 = (w_{p,c}^*)$ — матрицы весов.

Запишем свойства б) и с) в матричном виде: $c = a_1 W_1 p$, $p = a_2 W_2 c$.

Откуда следует, что: $c = a_1 a_2 W_1 W_2 c$, $p = a_1 a_2 W_2 W_1 p$.

Таким образом, экономическая сложность региона определяется как собственный вектор матрицы $W_1 W_2$, а экономическая сложность сектора — собственный вектор матрицы $W_2 W_1$. В работе [3] в качестве значений оценок экономической сложности предлагается использовать стандартизированную вторую главную компоненту матриц $W_1 W_2$ и $W_2 W_1$. Следует отметить, что координаты первой главной компоненты для этих матриц состоят из одинаковых значений, поскольку они являются стохастическими [3, 18]. Также напомним, что если x является собственным вектором для матрицы A , отвечающим собственному значению λ , то вектор rx , где r — любое ненулевое действительное число, также является собственным вектором матрицы A , отвечающим такому же собственному значению λ . Коротко опишем процедуру вычисления экономической сложности:

1. По данным матрицы $M = (x_{c,p})$ вычислим характеристики диверсификации $(k_{c,0})$ и уникальности сектора $(k_{p,0})$:

$$k_{c,0} = \sum_p x_{c,p} \text{ и } k_{p,0} = \sum_c x_{c,p}$$

2. Вычислим матрицу $W_1 W_2$, элементы которой характеризуют степень сходства наборов сильных секторов в структуре экономик соответствующей пары рассматриваемых регионов. Используемая метрика сходства представляет собой взвешенную сумму по всем общим секторам, где веса обеспечивают больший вклад тех секторов, которым соответствует более высокий уровень уникальности $(k_{p,0})$. Легко заметить, что элемент матрицы $W_1 W_2$, на пересечении строки c и столбца c' вычисляется по формуле:

$$\frac{1}{k_{c,0}} \sum_p \frac{x_{c,p} x_{c',p}}{k_{p,0}},$$

где c, c' — номера регионов.

Отметим, что если $(k_{p,0})$ принимает одно и то же значение для всех p то $\tilde{M}_{c,c'}$ равняется доле общих секторов от числа сильных секторов ре-

гиона c . Аналогично, вычислим матрицу W_2W_1 , в которой (p, p') -элемент вычисляется по формуле:

$$\frac{1}{k_{p,0}} \sum_c \frac{x_{c,p} x_{c,p'}}{k_{c,0}}$$

где p, p' — номера секторов.

3. Наконец, индекс экономической сложности региона вычисляется как стандартизированное значение второй главной компоненты матрицы W_1W_2 . А именно:

$$c = \begin{pmatrix} \frac{f_1 - \bar{f}}{d} \\ \frac{f_2 - \bar{f}}{d} \\ \dots \end{pmatrix}$$

где вектор $f = (f_1, \dots)$ — собственный вектор, отвечающий второй главной компоненте матрицы W_1W_2 , \bar{f} — среднее значение координат вектора f , d — стандартное отклонение, рассчитанное для координат вектора f .

Также индекс экономической сложности секторов экономики вычисляется как стандартизированное значение второй главной компоненты матрицы W_2W_1 . А именно:

$$c = \begin{pmatrix} \frac{g_1 - \bar{g}}{e} \\ \frac{g_2 - \bar{g}}{e} \\ \dots \end{pmatrix},$$

где вектор $g = (g_1, \dots)$ — собственный вектор, отвечающий второй главной компоненте матрицы W_2W_1 , \bar{g} — среднее значение координат вектора g , e — стандартное отклонение, рассчитанное для координат вектора g .

Результаты исследований. Для формирования матрицы M структуры сильных секторов использованы данные о налоговых поступлениях по 82 секторам экономики субъектов РФ*. Количество сильных секторов в экономике каждого региона указано в столбце 4 таблицы П1 приложения. Регионы с наиболее диверсифицированной экономикой (с большим числом сильных секторов): Тверская область (42), Чувашская Республика (40), Московская область (39), Новосибирская область (39), Владимирская область (37), Липецкая область (36). Наименее диверсифицированную экономику имеют регионы: Оренбургская область (6), Тюменская область (8), Астраханская область (9), Томская область (10), Республика Саха (11).

Минимальное покрывающее дерево для корреляционного графа $G = (V, E)$, построенное на основе матрицы M , характеризующей структуру сильных секторов регионов, представлено на рис. 1. Каждая вершина дерева характеризует субъект РФ. Вершины пронумерованы в порядке, используемом в столбце 1 таблицы П1. Длина дуги — близость двух регионов по структуре сильных секторов в метрике (3). На каждой ветви дерева наблюдается одна, или несколько групп регионов, близких по структуре экономической сложности. На основе визуализации минимального покрывающего дерева и экспертного анализа матрицы M сильных секторов, выявлено тринадцать групп регионов, представленных в таблице П1. В столбце 6 этой таблицы указан номер группы регионов, близких в метрике (3) по структуре сильных секторов. Выявленные группы обладают следующими свойствами: каждая группа соответствует структуре минимального покрывающего дерева; для каждой группы выявлены один, два или три сектора, сильные в структуре экономической сложности для всех регионов только этой группы. Коды† и названия этих секторов указаны в столбце 7 таблицы П1. Эти сектора являются отличительной особенностью соответствующей группы регионов. В столбце 7 таблицы П1 приведены также коды секторов, сильных для всех регионов группы, которые в то же время являются сильными секторами для всех секторов какой-то другой группы. А также коды (выделены курсивом) секторов, сильных для всех регионов группы, за исключением одного, которые также могут быть сильными секторами для регионов, входящих в

* Данные о налоговых поступлениях [19]

† Указаны в соответствии с классификатором секторов экономики [19]

другие группы. Эта информация достаточно полно характеризует структуру экономической сложности регионов, входящих в каждую группу.

Индекс экономической сложности представлен в столбце 5 таблицы П1. Для каждой группы регионов, близких по структуре сильных секторов, получены оценки экономической сложности как среднее значение индексов регионов, входящих в группу. При этом для устойчивости групповых оценок, в каждой группе не учитывались самая высокая и самая низкая оценки. В таблице П1 группы регионов, близких по структуре сильных секторов, упорядочены по убыванию групповых оценок экономической сложности.

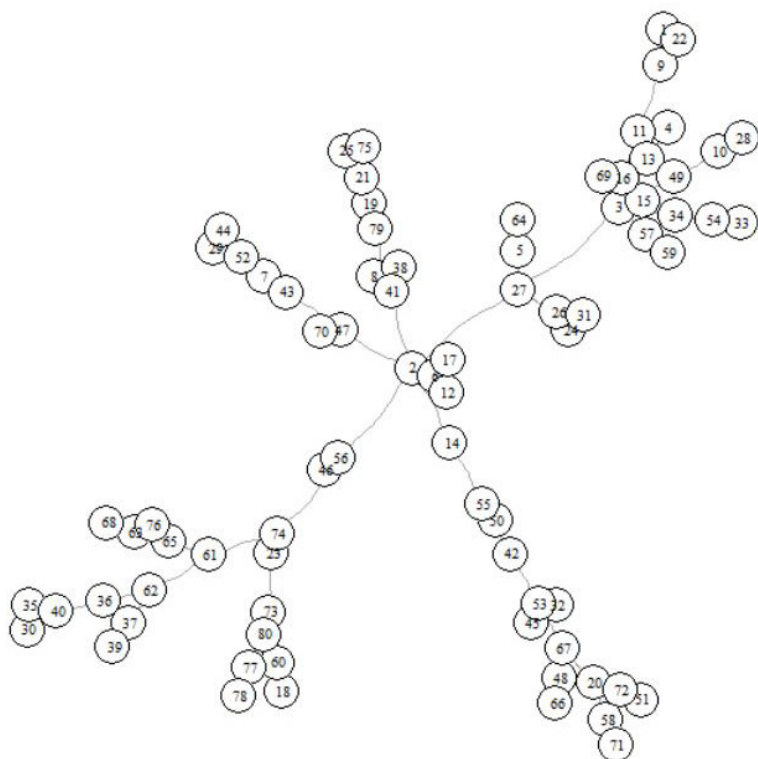


Рис. 1. Минимальное покрывающее дерево для группирования регионов по структуре сильных секторов.

Обсуждение результатов. На рис. 2 регионы представлены в пространстве «количество секторов (ось абсцисс) — оценка экономической сложности (ось ординат)». Увеличение числа сильных секторов от 6 (минимальное значение) до 14 сопровождается ростом экономической сложности. При числе сильных секторов от 15 до 30, оценки экономической сложности приближаются к максимальному значению, но для некоторых регионов наблюдаются относительно низкие оценки, не соответствующие числу их сильных секторов. При числе сильных секторов, большем 30, оценки экономической сложности стабильно высокие. Наблюдается эффект диверсификации экономики. Самые высокие оценки экономической сложности имеют Белгородская область (24 сильных сектора), Курская область (22 сильных сектора) и Владимирская область (37 сильных секторов). Относительно низкие оценки экономической сложности наблюдаются для регионов: Оренбургская область (6 сильных секторов, оценка -4.569), Тюменская область (8, -2.833), Республика Саха (11, -2.710), Томская область (10, -2.509), Республика Коми (14, -2.469).

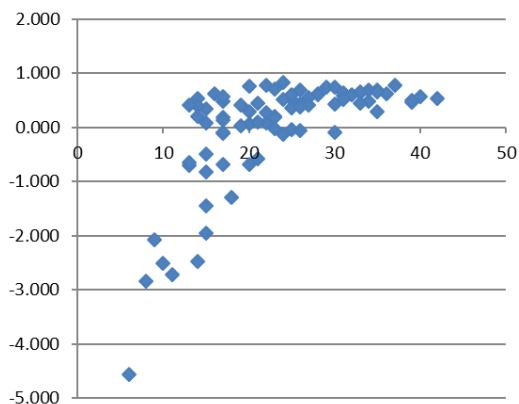


Рис. 2. По оси абсцисс — количество сложных секторов региона по оси ординат — оценка экономической сложности.

При описании специфики групп регионов, близких в метрике (3) по структуре сильных секторов, мы будем проводить их сопоставление с кластерами регионов, представленными в работе [20]. На основе авторского подхода по данным об отраслевой структуре ВРП регионы были

разделены на пять кластеров: 1) «равномерно развитые», 2) «добывающие», 3) «обрабатывающие», 4) «сельскохозяйственные», 5) «развивающиеся». Номер кластера указан для каждого региона в столбце 3 таблицы П1. Взаимосвязь состава групп регионов, близких по структуре сильных секторов и состава кластеров можно проследить, сравнивая данные о принадлежности к ним регионов, указанные соответственно в столбцах 6 и 3 таблицы П1. Все 12 «обрабатывающих» регионов вошли в группы 1–7 с наибольшими оценками экономической сложности. Все 11 «добывающих» регионов вошли в группы 9–13 с наименьшими оценками экономической сложности. Большинство (6 из 8) «развивающихся» регионов вошли в группу 8 с оценкой экономической сложности более высокой, чем у «добывающих» регионов, но менее высокой, чем у «обрабатывающих» регионов. Оценки экономической сложности «сельскохозяйственных» регионов сопоставимы с оценками сложности «обрабатывающих» регионов и превосходят оценки сложности «развивающихся» и «добывающих» регионов. При этом «равномерно развитые» регионы распределены по всем тринадцати группам.

Заключение. Наблюдается тенденция роста оценок экономической сложности регионов при увеличении числа сильных секторов. Результаты группирования регионов по структуре сильных секторов не противоречит ранее полученным авторами результатам кластеризации регионов по отраслевой структуре ВРП. Причем, «обрабатывающие» и большинство «сельскохозяйственных» регионов входят в группы с наиболее высокими групповыми оценками экономической сложности. Оценки экономической сложности большинства «развивающихся» регионов ниже оценок экономической сложности «обрабатывающих» и «сельскохозяйственных» регионов, но выше оценок «добывающих» регионов. Группирование регионов по структуре сильных секторов позволяет уточнить особенности экономики регионов, ранее включенных в кластер «равномерно развитых».

Полученные результаты конкретизируют роль концепции экономической сложности в теории производства. Прикладное значение результатов определяется возможностями их использования при решении задач проектного управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hartmann D.* Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality // *World Development*. 2017. Vol. 93. P.75–93.
2. *Hausmann R., Hwang J., Rodrik D.* What you export matters // *Journal of Economic Growth*. 2006. Vol.12(1). P.1–25.
3. *Hausmann R., & Rodrik D.* Economic development as selfdiscovery // *Journal of Development Economics*. 2004. Vol.72(2). P.603–633.
4. *Hidalgo C. A., & Hausmann R.* The building blocks of economic complexity // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009. Vol.106(26). P.10570–10575.
5. *Balassa B.* Lafayrade Liberalization and “Revealed” Comparative Advantage // *The Manchester School*. 1965. Vol. 33. P. 99–123.
6. *Макаров В.Л.* Социальный кластеризм. Российский вызов. М.: Бизнес Атлас, 2010.
7. *Любимов И.Л., Гвоздева М.А., Казакова М.В.* Сложность экономики и возможность диверсификации экспорта в российских регионах // *Журнал НЭА*. 2017. № 2 (34). С. 94–122.
8. *Hausmann R., Hidalgo C., Bustos S., Coscia M., Simoes A., Yildirim M.A.* The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity. Cambridge: Center for International Development, Harvard University, MIT, 2011.
9. *Hausmann R., Klinger B.* Structural Transformation and Patterns of Comparative Advantage in the Product Space. CID Working Paper No. 128. 2006.
10. *Onnela J.-P.* Complex Networks in the Study of Financial and Social Systems. Helsinki: Helsinki University of Technology. 2006.
11. *Onnela J.-P., Chakraborti A., Kaski K., Kertesz J.* Dynamic asset trees and portfolio analysis // *Eur.Phys.J.B*. 2002. Vol.30, P.285–288. DOI: 10.1140/epjb/e2002-00380-9
12. *Coelho R., Hutzler S., Repetowicz P., Richmond P.* Sector analysis for a FTSE portfolio of stocks // *Physica A*. 2007. Vol. 373. P.615–626.
13. *Jung W.-S., Kwon O., Wang F., Kaizoji T., Moon H.-T., Stanley H.* Group dynamics of the Japanese market // *Physica A*. 2008. Vol.387, P.537–542.
14. *Lee U., Kim S., Jung K.Y.* Classification of epilepsy types through global network analysis of scalp electroencephalograms // *Phys. Rev. E, Stat. Nonlinear Soft Matter Phys.* 2006. Issue 73, Vol. 4. P.19-20.
15. *Stam C.J., Tewarie P., Van Dellen E., van Straaten E.C., Hillebrand A., Van Mieghem P.* The trees and the forest: characterization of complex brain networks with minimum spanning trees // *Int. J. Psychophysiol.* 2014. Vol.92. P.129–138.
16. *Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В.* Интегральный индикатор качества условий жизни // *Цифровая экономика*. 2019. №1(5). С.43-56.

17. *Kruskal J. B.* On the Shortest Spanning Subtree of a Graph and the Traveling Salesman Problem. *Proceedings of the American Mathematical Society*. 1956. Vol. 7(1). DOI: 10.1090/S0002-9939-1956-0078686-7
18. *Kemp-Benedict E.* An interpretation and critique of the method of reflections. MPRA Paper No. 60705. 2014. URL: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/60705/1/MPra_paper_60705.pdf
19. Отчет по форме 1-НОМ по состоянию на 01.01.2020 // Федеральная налоговая служба. Официальный сайт. URL: https://www.nalog.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytics/forms/8826515/
20. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. Модели производственного потенциала и оценки технологической эффективности регионов РФ с учетом структуры производства // *Экономика и математические методы*. 2016. № 1. С. 28–44.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Результаты группирования и оценки экономической сложности.
 Наименование столбцов:

- (1) — № региона в упорядочении, используемом Росстатом,
- (2) — название региона,
- (3) — номер кластера региона по структуре ВРП,
- (4) — число сильных секторов региона,
- (5) — индекс экономической сложности,
- (6) — номер группы региона по структуре сильных секторов,
- (7) — коды и названия сложных секторов всех регионов только этой группы, коды секторов всех регионов группы, коды (курсивом) секторов всех кроме одного регионов группы.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
|-----|---------------------------------|-----|-----|-------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | Рязанская область | 1 | 16 | 0.614 | 1 | 1125 производство кожи и изделий из кожи; 1095, 1203, 1250; <i>1100, 1110, 1255, 1261, 1400.</i> |
| 38 | Карачаево-Черкесская Республика | 1 | 27 | 0.407 | | |
| 2 | Брянская область | 1 | 31 | 0.591 | | |
| 8 | Курская область | 1 | 22 | 0.785 | | |
| 17 | Ярославская область | 3 | 25 | 0.514 | | |
| 6 | Калужская область | 3 | 29 | 0.751 | | |
| 41 | Ставропольский край | 4 | 23 | 0.707 | | |

Таблица 1. Продолжение.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
|-----|-----------------------|-----|-----|-------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Белгородская область | 1 | 24 | 0.830 | 2 | 1170 производство металлургическое и производство готовых металлических изделий; 1175 производство чугуна, стали и ферросплавов; 1135 производство бумаги и бумажных изделий; 1020, 1100, 1110, 1165, 1250; 1090, 1255, 1261, 1420. |
| 22 | Вологодская область | 3 | 25 | 0.596 | | |
| 9 | Липецкая область | 3 | 36 | 0.628 | | |
| 26 | Новгородская область | 3 | 32 | 0.595 | 3 | 1090 производство пищевых продуктов; 1020, 1315; 1025, 1100, 1250, 1261, 1263, 1280, 1285, 1290. |
| 24 | Ленинградская область | 1 | 14 | 0.526 | | |
| 5 | Ивановская область | 1 | 28 | 0.617 | | |
| 31 | Краснодарский край | 4 | 27 | 0.552 | | |
| 64 | Алтайский край | 4 | 33 | 0.653 | | |
| 27 | Псковская область | 4 | 35 | 0.687 | | |
| 33 | Волгоградская область | 1 | 17 | 0.475 | 4 | 1160 производство резиновых и пластмассовых изделий; 1200 литье металлов; 1020, 1165, 1261, 1305; 1400, 1410, 1420. |
| 13 | Смоленская область | 1 | 31 | 0.639 | | |
| 11 | Орловская область | 1 | 30 | 0.735 | | |
| 54 | Саратовская область | 1 | 21 | 0.101 | | |
| 16 | Тульская область | 3 | 34 | 0.690 | | |
| 59 | Челябинская область | 3 | 35 | 0.284 | | |
| 57 | Свердловская область | 3 | 30 | 0.429 | | |
| 3 | Владимирская область | 3 | 37 | 0.783 | | |
| 4 | Воронежская область | 4 | 34 | 0.483 | | |
| 34 | Ростовская область | 4 | 33 | 0.643 | | |

Таблица 1. Продолжение.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
|-----|-------------------------------------|-----|-----|--------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 28 | г. Санкт-Петербург | 1 | 23 | 0.197 | 5 | 1120 производство текстильных изделий, одежды; 1140 деятельность полиграфическая и копирование носителей информации; 1110, 1203, 1220, 1430; |
| 10 | Московская область | 1 | 39 | 0.464 | | |
| 69 | Новосибирская область | 1 | 39 | 0.492 | | |
| 15 | Тверская область | 1 | 42 | 0.531 | | |
| 49 | Кировская область | 1 | 35 | 0.654 | | |
| 44 | Республика Мордовия | 1 | 20 | 0.754 | 6 | 1100 производство молочной продукции; 1020, 1130; 1400, 1410, 1420, 1430, 1440. |
| 43 | Республика Марий Эл | 1 | 31 | 0.522 | | |
| 47 | Чувашская Республика | 1 | 40 | 0.574 | | |
| 7 | Костромская область | 1 | 33 | 0.446 | | |
| 70 | Омская область | 3 | 17 | 0.131 | | |
| 52 | Пензенская область | 4 | 26 | 0.693 | | |
| 29 | Республика Адыгея | 4 | 22 | 0.077 | 7 | 1205 производство машин и оборудования; 1220; 1165. |
| 55 | Ульяновская область | 1 | 25 | 0.359 | | |
| 42 | Республика Башкортостан | 3 | 17 | –0.689 | | |
| 50 | Нижегородская область | 3 | 24 | 0.519 | | |
| 14 | Тамбовская область | 4 | 28 | 0.610 | 8 | 1345 деятельность почтовой связи и курьерская деятельность; 1261, 1400, 1410, 1420; 1250, 1430, 1440. |
| 37 | Кабардино-Балкарская Республика | 1 | 17 | 0.574 | | |
| 62 | Республика Тыва | 5 | 17 | 0.187 | | |
| 35 | Республика Дагестан | 5 | 19 | 0.413 | | |
| 39 | Республика Северная Осетия - Алания | 5 | 14 | 0.202 | | |
| 30 | Республика Калмыкия | 5 | 14 | 0.387 | | |
| 36 | Республика Ингушетия | 5 | 15 | 0.082 | | |
| 40 | Чеченская Республика | 5 | 13 | 0.409 | | |

Таблица 1. Продолжение.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
|-----|------------------------------|-----|-----|--------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 76 | Амурская область | 1 | 17 | −0.092 | 9 | 1046 добыча и обогащение угля и антрацита; 1047 добыча и обогащение бурого угля; 1245 производство, передача и распределение электроэнергии; 1090, 1255, 1270, 1290, 1305, 1315, 1400, 1410. |
| 65 | Забайкальский край | 1 | 19 | 0.027 | | |
| 63 | Республика Хакасия | 1 | 22 | 0.266 | | |
| 68 | Кемеровская область | 2 | 20 | 0.294 | | |
| 25 | Мурманская область | 1 | 17 | −0.110 | 10 | 1030 рыболовство, рыбоводство; 1081 добыча полезных ископаемых (кроме угля, нефти, газа, железных руд и руд цветных металлов); 1305, 1315, 1340; 1255, 1261, 1400, 1410, 1420. |
| 75 | Хабаровский край | 1 | 21 | −0.586 | | |
| 19 | Республика Карелия | 1 | 26 | 0.424 | | |
| 21 | Архангельская область | 2 | 20 | 0.058 | | |
| 79 | Еврейская автономная область | 5 | 21 | 0.446 | | |
| 74 | Приморский край | 1 | 26 | −0.050 | 11 | 1215 производство автотранспортных средств, и прицепов; 1025; 1090, 1095, 1130, 1261, 1290. |
| 23 | Калининградская область | 1 | 15 | 0.342 | | |
| 46 | Удмуртская Республика | 2 | 15 | −0.496 | | |
| 56 | Курганская область | 4 | 26 | 0.385 | | |
| 61 | Республика Бурятия | 4 | 25 | −0.042 | | |

Таблица 1. Продолжение.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
|-----|----------------------------|-----|-----|--------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18 | г. Москва | 1 | 24 | –0.122 | 12 | 1398 деятельность административная и сопутствующие услуги; 1330 деятельность воздушного и космического транспорта; 1270 строительство; 1340; 1284, 1400. |
| 73 | Камчатский край | 1 | 23 | 0.194 | | |
| 77 | Магаданская область | 1 | 23 | –0.023 | | |
| 80 | Чукотский автономный округ | 2 | 13 | –0.645 | | |
| 78 | Сахалинская область | 2 | 18 | –1.298 | | |
| 60 | Республика Алтай | 5 | 30 | –0.092 | 13 | 1055 добыча сырой нефти и природного газа; 1084 предоставление услуг в области добычи нефти и природного газа. |
| 48 | Пермский край | 1 | 20 | –0.678 | | |
| 32 | Астраханская область | 1 | 9 | –2.076 | | |
| 51 | Оренбургская область | 2 | 6 | –4.569 | | |
| 67 | Иркутская область | 1 | 15 | –1.456 | | |
| 66 | Красноярский край | 1 | 15 | –1.955 | | |
| 53 | Самарская область | 1 | 15 | –0.818 | | |
| 20 | Республика Коми | 2 | 14 | –2.469 | | |
| 58 | Тюменская область | 2 | 8 | –2.833 | | |
| 71 | Томская область | 2 | 10 | –2.509 | | |
| 72 | Республика Саха (Якутия) | 2 | 11 | –2.710 | | |
| 45 | Республика Татарстан | 2 | 13 | –0.707 | | |

ESTIMATIONS OF ECONOMIC COMPLEXITY IN THE STRUCTURE OF REGIONAL ECONOMY

Afanasiev M.Yu., Kudrov A.V.

The problem of grouping regions by the structure of strong sectors, identifying the characteristics of the formed groups and assessing their economic complexity is considered. Minimum spanning trees were constructed to identify groups of regions with a similar structure of the strong sectors. The grouping results do not contradict the previously obtained by the authors results of clustering regions according to the sectoral structure of the GRP. The typology of groups of regions according to the structure of strong sectors was carried out in accordance with the current classifier of economic sectors.