О СВОЙСТВАХ ВЛОЖЕННОСТИ СТРУКТУР СИЛЬНЫХ СЕКТОРОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОНОМИК¹

Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. (Москва)ⁱ

Рассмотрим показатель RCA_{cp} выявленных сравнительных преимуществ:

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

где y_{cp} — объем производства сектора p экономики региона c . Показатель RCA_{cp} представляет собой отношение доли производства от сектора p в общем объеме производства от всех секторов экономики региона c к доле производства сектора p по всем регионам в объеме производства от всех секторов экономики всех регионов. В соответствии с работой (Hausmann, Klinger, 2006), для выявления сравнительных преимуществ для показателя RCA_{cp} проверяется условие типа ограничения снизу. Более формально:

$$a_{c,p} = \begin{cases} 1, & \text{если } RCA_{cp} \geq 1 \\ 0, & \text{если } RCA_{cp} < 1 \end{cases}$$

Матрица $A = (a_{c,p})$ содержит 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. Далее будем называть вектор $(a_{c,p_1}, \dots, a_{c,p_m})$ *структурой сильных секторов* экономики региона c . Рассмотрим матрицу R элемент $w_{i,j}$ которой на пересечении i -ой строки и j -го столбца задается формулой:

$$\frac{1}{k_{c,i,0}} \sum_t \frac{a_{c_i,p_t} a_{c_j,p_t}}{k_{p_t,0}}, \text{ где } k_{c,0} = \sum_p a_{c,p}, k_{p,0} = \sum_c a_{c,p}.$$

В соответствии с подходом (Hausmann, Hidalgo, Bustos, Coscia, Simoes, Yildirim, 2011) на основе матрицы R могут быть получены оценки экономической сложности регионов. Так как матрица R является стохастической, в качестве таких оценок предлагается использовать стандартизированные значения собственного вектора этой матрицы, соответствующего второму максимальному собственному значению. Отметим некоторые свойства элементов $w_{i,j}$ матрицы R .

1. Поскольку матрица $R_1 R_2$ является стохастической, то для каждого $i, j \in \{1, \dots, n\}$: $w_{i,j} \geq 0$, $\sum_{j=1}^m w_{i,j} = 1$. Таким образом, $w_{i,1}, \dots, w_{i,n}$ можно интерпретировать как распределение вероятностей.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 20-010-00223.

2. Если в регионе c_i существует хотя бы один сильный регион, то $w_{i,i} > 0$. Справедливость этого утверждения легко показать, поскольку

$$w_{i,i} = \frac{1}{k_{c_i,0}} \sum_{t=1}^m \frac{a_{c_i,p_t}}{k_{p_t,0}} \geq 0.$$

3. Элементы $w_{i,j}$ равны нулю тогда и только тогда, когда выполняется условие:

$$\{t: a_{c_i,p_t} = 1\} \cap \{t: a_{c_j,p_t} = 1\} = \emptyset.$$

Выполнение этого условия означает отсутствие общих сильных секторов в структурах экономики регионов c_i и c_j .

4. В каждой строке матрицы $(w_{i,j})$ максимальный элемент отвечает диагональному элементу, то есть $w_{i,i} = \max_{j \in \{1, \dots, n\}} (w_{i,j})$. Действительно, в силу справедливости

$$w_{i,j} = \frac{1}{k_{c_i,0}} \sum_{t=1}^m \frac{a_{c_i,p_t} a_{c_j,p_t}}{k_{p_t,0}} \leq \frac{1}{k_{c_i,0}} \sum_{t=1}^m \frac{a_{c_i,p_t}}{k_{p_t,0}} = \frac{1}{k_{c_i,0}} \sum_{t=1}^m \frac{a_{c_i,p_t} a_{c_i,p_t}}{k_{p_t,0}}$$

получаем, что $w_{i,j} \leq w_{i,i}$. Причем равенство в последнем неравенстве достигается только тогда, когда выполняется следующее условие:

$$\{t: a_{c_i,p_t} = 1\} \subseteq \{t: a_{c_j,p_t} = 1\}.$$

Выполнение этого условия означает то, что все сильные сектора структуры экономики региона c_i также являются сильными секторами в структуре региона c_j . Если это условие не выполняется, то имеем строгое неравенство:

$$\frac{w_{i,j}}{w_{i,i}} < 1.$$

5. Величина $w_{i,j}$ монотонно возрастает с ростом числа элементов множества:

$$\{t: a_{c_i,p_t} = 1\} \cap \{t: a_{c_j,p_t} = 1\}.$$

6. Асимметричность матрицы $(w_{i,j})$. Легко показать, что $w_{j,i} = \frac{k_{c_i,0}}{k_{c_j,0}} w_{i,j}$. Если уровень диверсификации региона c_i совпадает с уровнем диверсификацией региона c_j , тогда $w_{j,i} = w_{i,j}$; если диверсификация региона c_i больше (меньше) диверсификации региона c_j , тогда $w_{j,i} > w_{i,j}$ ($w_{j,i} < w_{i,j}$). Таким образом, различные уровни диверсификации регионов гарантируют асимметричность матрицы $(w_{i,j})$.

Из свойств элементов $w_{i,j}$ следует, что отношение $\frac{w_{i,j}}{w_{i,i}}$ можно интерпретировать как характеристику *степени вложенности* множества сильных секторов региона c_i в множество сильных секторов региона c_j . Чем ниже это отношение, тем меньше сильных секторов региона c_i входит в множество $\{t: a_{c_j,p_t} = 1\}$ сильных секторов региона c_j .

Агрегированный показатель

$$I_i^{(1)} = \sum_{j=1}^m \left(\frac{w_{i,j}}{w_{i,i}} \right)^2, i = 1, \dots, m$$

характеризует степень вложенности структуры сильных секторов региона c_i в структуры сильных секторов других регионов. Назовем этот показатель *агрегированной вложенностью структуры* экономики региона. Минимальное значение I_i^1 , которое равняется единице, возникает в условиях, когда структура сильных секторов региона c_i состоит из уникальных секторов, для которых $w_{i,j} = 0$ для всех $i \neq j$. Близкое к единице значение I_i^1 возникает тогда, когда распределение $w_{i,j}$ мало отличается от равномерного распределения.

Показатель
$$I_j^{(2)} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{w_{i,j}}{w_{i,i}} \right)^2, j = 1, \dots, m$$

характеризует степень вложенности в структуру сильных секторов региона c_j . Назовем этот показатель *агрегированной вложенностью в структуру* региона. При увеличении числа сильных секторов региона c_j величина $I_j^{(2)}$ не убывает. Минимальное значение I_j^2 , равное единице, возникает в условиях, когда структура сильных секторов региона c_j состоит из уникальных секторов, то есть когда $w_{i,j} = 0$ для всех $i \neq j$.

Связь экономической сложности с показателями агрегированной вложенности. В работе (Afanasyev, Kudrov, 2020) представлены оценки экономической сложности регионов РФ, рассчитанные на основе данных о налоговых поступлениях по 82 секторам экономики.

Таблица 1. Регрессия для экономической сложности регионов. Примечание: данные по оценкам экономической сложности взяты из работы (Afanasyev, Kudrov, 2020)

	Оценка	Стандартное отклонение	t-статистика	p-значение
Константа	-4,18	0,45	-9,22	0
Log(Агрегированная вложенность структуры)	0,96	0,19	5,14	0
Log(Агрегированная вложенность в структуру)	0,97	0,15	6,65	0
R-квадрат	0,55			
Скор.R-квадрат	0,54			

В таблице 1 представлены оценки параметров регрессии экономической сложности регионов РФ, полученной в работе (Afanasyev, Kudrov, 2020), на логарифм агрегированной вложенности структуры сильных секторов экономики и логарифм агрегированного вложения в структуру.

Для российских регионов получены оценки экономической сложности, для которых были использованы и другие региональные данные. А именно, данные по экспорту регионов РФ. В работе (Любимов, Гвоздева, Казакова, Нестерова, 2017), с использованием этих данных вычислены две оценки экономической сложности регионов РФ: оценка экономической сложности, полученная по данным о структуре экспорта регионов РФ; оценка экономической сложности, полученная по данным о структуре экспорта регионов РФ и странам мира. В таблице 2 показаны результаты построения регрессии этих оценок экономической сложности на логарифмы показателей агрегированной вложенности структуры сильных секторов региона и агрегированной вложенности в структуру сильных секторов региона.

Таблица 2. Слева - регрессия для экономической сложности регионов по данным со странами; справа - регрессия для экономической сложности регионов по данным без стран
Примечание: данные по оценкам экономической сложности взяты из работы (Lyubimov, Gvozdeva, Kazakova, Nesterova, 2017)

<i>экономическая сложность (по данным со странами)</i>	Оценка	Стандартное отклонение	t-статистика	p-значение	<i>экономическая сложность (по данным без стран)</i>	Оценка	Стандартное отклонение	t-статистика	p-значение
Константа	0,15	0,25	0,61	0,54	Константа	-1,03	0,67	-1,55	0,13
Логарифм агрегированной вложенности структуры	-0,19	0,10	-1,87	0,06	Логарифм агрегированной вложенности структуры	0,06	0,27	0,22	0,82
Логарифм агрегированной вложенности в структуру	0,31	0,08	3,92	0,00	Логарифм агрегированной вложенности в структуру	0,42	0,21	1,95	0,06
R-квадрат		0,17				R-квадрат		0,05	
Скор. R-квадрат		0,15				Скор. R-квадрат		0,03	

Большие значения экономической сложности из работы (Afanasyev, Kudrov, 2020) соответствуют высокому уровню показателя вложенности структуры экономики и высокому уровню показателя вложенности в структуру. Для экономической сложности низкого уровня характерно соответствие низкому уровню показателя вложенности структуры экономики и показателя вложенности в структуру. Таким образом, показатель экономической сложности можно интерпретировать в качестве измерителя уровня развитости смежных секторов и технологических цепочек или цепочек добавленной стоимости.

Два показателя экономической сложности из работы (Lyubimov, Gvozdeva, Kazakova, Nesterova, 2017) характеризуются низким соответствием показателям вложенности. Как представляется, объяснением этому может служить то, что экспортные товары встроены в

международные цепочки формирования добавленной стоимости. Поэтому если мы ограничиваемся только экспортными данными по регионам, то, в силу отсутствия для экспортных товаров длинных цепочек формирования добавленной стоимости на локальном российском уровне, оценка экономической сложности не отражает связей между товарами российского экспорта. Напротив, если мы подключаем к имеющимся данным по структуре экспорта регионов РФ информацию по структуре экспорта стран мира и оцениваем экономическую сложность по ним, то такая оценка уже отражает технологические цепочки формирования добавленной стоимости на международном уровне и позволяет количественно оценивать место регионов РФ в них. В результате, как видно из таблицы 2 (слева), для этого показателя имеется значимая связь с показателем вложенности в структуру.

Показатели, характеризующие вложенность структур сильных секторов региональных экономик, могут быть использованы для построения модели, которая позволяет объяснить появление и отсутствие сильного сектора в структуре экономики региона и оценить вероятность возникновения в его структуре конкретного сектора в качестве сильного.

Литература

- Любимов И.Л., Гвоздева М.А., Казакова М.В., Нестерова К.В. Сложность экономики и возможность диверсификации экспорта в российских регионах // Журнал НЭА. 2017. №2 (34), С. 94–122.
- Afanasiev M.Yu., Kudrov A.V. (2020). Estimates Of Economic Complexity In The Structure Of The Regional Economy // *Montenegrin Journal of Economics*. 2020. Vol. 16, No. 4, 43-54. DOI: 10.14254/1800-5845/2020.16-4.4.
- Hausmann R., Hidalgo C., Bustos S., Coscia M., Simoes A., Yildirim M.A. The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity. 2011. Cambridge: Center for International Development, Harvard University, MIT.
- Hausmann R., Klinger B. Structural Transformation and Patterns of Comparative Advantage in the Product Space. 2006. CID Working Paper No. 128.

ⁱ Афанасьев Михаил Юрьевич – ЦЭМИ РАН, miafan@cemi.rssi.ru
Кудров Александр Владимирович – ЦЭМИ РАН, kovlal@inbox.ru