

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ: ТРАЕКТОРИИ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ*

Афанасьев М.Ю., Гусев А.А.

Проведено сравнение индексов экономической сложности регионов, построенных на основе данных об объемах производства по секторам и индексов, построенных на основе данных по видам экономической деятельности (ВЭД). Представлены результаты регрессионного анализа, указывающие на возможность прогнозирования индекса экономической сложности регионов по секторам с использованием индекса экономической сложности регионов по видам экономической деятельности, первой и второй главных компонент структуры экономики по видам экономической деятельности. Проведен сравнительный анализ траекторий оценок экономической сложности регионов, построенных на основе двух подходов. Анализ траекторий, построенных методом ситуационного моделирования, может быть полезен при решении задач управления, направленных на повышение экономической сложности региона, так как позволяет оценить взаимное влияние изменения структур сильных секторов региональных экономик.

doi: 10.20537/mce2024econ03

Введение. Рекомендации по диверсификации региональных экономик могут быть основаны на подходах, ориентированных на повышение экономической сложности [1,2]. Целью работы является сравнительный анализ траекторий оценок экономической сложности, формирующихся вследствие изменения структур региональных экономик.

Описание структуры региональной экономики по ВЭД. Для описания структуры региональной экономики использованы данные об объемах отгруженной продукции по ВЭД. Сначала определим показатель RCA_{kj} выявленных сравнительных преимуществ:

* Исследование выполнено при поддержке Российского Научного Фонда (проект 23-28-00235)

$$RCA_{kj} = (y_{kj} / \sum_j y_{kj}) / (\sum_k y_{kj} / \sum_{kj} y_{kj}), \quad (1)$$

где y_{kj} — объем производства по ВЭД j экономики региона k ; RCA_{kj} — отношение доли производства по ВЭД j в общем объеме производства по всем ВЭД экономики региона k к доле производства по ВЭД j всех регионов в объеме производства по всем ВЭД экономик всех регионов. В соответствии с работой [3], для выявления сравнительных преимуществ в экономиках используется показатель RCA_{kj} для которого проверяется условие типа ограничения снизу. А именно, если значение RCA_{kj} превышает единицу, то считается, что экономика региона k обладает выявленными сравнительными преимуществами в выпуске продукции по ВЭД j ; в противном случае — выявленных сравнительных преимуществ не существует:

$$a_{kj} = \begin{cases} 1, & \text{если } RCA_{kj} \geq 1; \\ 0, & \text{если } RCA_{kj} < 1. \end{cases}$$

Матрица $A = (a_{kj})$ содержит данные о ВЭД, которые в разных регионах развиты на уровне выявленных сравнительных преимуществ, определенных при помощи выражения (1). Строки этой матрицы соответствуют регионам, столбцы — ВЭД. Вектор $(a_{kj_1}, \dots, a_{kj_m})$ будем называть *структурой сильных ВЭД* экономики региона k .

Экономическая сложность. Понятие «*экономическая сложность региона*» рассматривается как характеристика, отражающая уровень его технологического развития, который определяется сильными ВЭД в структуре его экономики. Аналогично экономическая сложность ВЭД зависит от уровня технологического развития тех регионов, в структуре которых этот ВЭД присутствует в качестве сильного. Оценки экономической сложности (ОЭС) обладают следующими свойствами: экономическая сложность региона пропорциональна среднему уровню экономической сложности сильных ВЭД в структуре его экономики:

$$ECI_k = a_1 \sum_j r_{kj} ECI_j, \quad r_{kj} = a_{kj} / q_{k,0}, \quad q_{k,0} = \sum_j a_{kj}, \quad (2)$$

где a_1 — положительная константа.

Экономическая сложность ВЭД пропорциональна среднему уровню экономической сложности регионов, в структуре экономик которых этот ВЭД является сильным:

$$ECI_j = a_2 \sum_k r_{jk}^* ECI_k, \quad r_{jk}^* = a_{kj} / q_{j,0}, \quad q_{j,0} = \sum_k a_{kj}, \quad (3)$$

где a_2 — положительная константа. Пусть $\mathbf{c} = (ECI_{k_1}, ECI_{k_2}, \dots)^T$ — вектор-столбец значений ОЭС для регионов; $\mathbf{p} = (ECI_j, ECI_{j_2}, \dots)^T$ —

вектор-столбец значений ОЭС для ВЭД; $\mathbf{R}_1 = (r_{kj})$, $\mathbf{R}_2 = (r_{jk}^*)$ — матрицы весов. Из соотношений (2) и (3) следует, что $\mathbf{c} = \mathbf{a}_1 \mathbf{a}_2 \mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2 \mathbf{c}$, $\mathbf{p} = \mathbf{a}_1 \mathbf{a}_2 \mathbf{R}_2 \mathbf{R}_1 \mathbf{p}$. Таким образом, ОЭС регионов определяются как собственный вектор матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$, а ОЭС ВЭД — как собственный вектор матрицы $\mathbf{R}_2 \mathbf{R}_1$. Матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$ и $\mathbf{R}_2 \mathbf{R}_1$ являются стохастическими: их элементы неотрицательны, а их сумма по строкам равна 1. В силу стохастичности, матрица $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$ имеет собственное значение, равное 1, и отвечающий ему собственный вектор, который состоит из одинаковых координат. В работах [4,5] в качестве значений ОЭС регионов и ВЭД предлагается использовать значение собственного вектора матриц $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$, которые соответствуют второму максимальному собственному значению.

Результаты и обсуждение. Используемые далее ОЭС регионов по ВЭД получены на основе показателей промышленного производства по четырем крупным видам экономической деятельности, а также структуры объемов отгруженной продукции по 24 ВЭД. В результате по данным Федеральной службы государственной статистики [6] получены объемы отгруженных товаров, выполненных работ и услуг за 2019 г. по 24 ВЭД. Для оценки экономической сложности по ВЭД к данным отгруженной продукции промышленного производства за 2019 г. был применен подход, предложенный в [7,8]. В результате получены ОЭС регионов и 24 видов экономической деятельности. На рис. 1а можно наблюдать нелинейную зависимость экономической сложности регионов от числа сильных ВЭД. У регионов с малым числом сильных ВЭД ОЭС относительно низкие. С возрастанием числа сильных ВЭД наблюдается тенденция роста экономической сложности регионов.

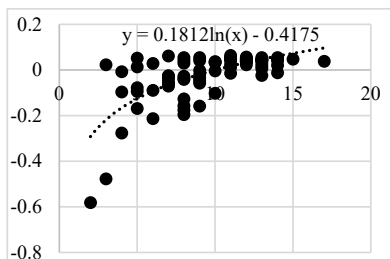


Рис. 1а. Зависимость ОЭС регионов (ось ординат) от числа сильных ВЭД (ось абсцисс).

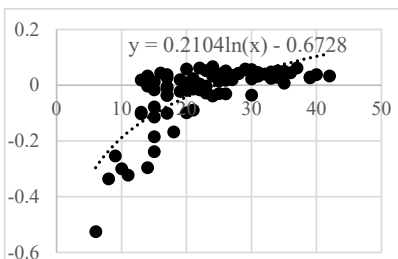


Рис. 1б. Зависимость ОЭС регионов (ось ординат) от числа сильных секторов (ось абсцисс).

По результатам расчетов ОЭС регионов высокие значения у Калужской области (7 сильных ВЭД; ОЭС региона 0.06103), Ульяновской области (12; 0.05662), Республики Марий Эл (9; 0.05488), Республики Мордовия (8; 0.05437), Пензенской области (13; 0.05418), Чувашской Республики (14; 0.054) и т.д. С учетом видов специализации региональных экономик, описанных в работе [9], эти регионы можно отнести к смешанному типу. Они специализируются на обрабатывающей промышленности и сельском хозяйстве. Относительно низкие ОЭС у Тюменской области (2; -0.58096), Сахалинской области (3; -0.47772), Астраханской области (4; -0.2764); Оренбургской области (6; -0.21304), Республики Саха (Якутия) (8; -0.19579), Республики Коми (8; -0.17566). Это преимущественно регионы со специализацией в добывающей промышленности. Таким образом, относительно высокие ОЭС у развитых «обрабатывающих» и «сельскохозяйственных регионов», а низкие — у «добывающих» регионов. Если расположить ВЭД по возрастанию ОЭС, то сначала идут ВЭД из укрупненного вида экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых». В том числе, «предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых» Д5, который является сильным ВЭД у 13 регионов и имеет экономическую сложность -0.643959; «добыча нефти и природного газа» Д2 (15; -0.617883); «добыча угля» Д1 (14; -0.294573); «добыча металлических руд» Д3 (22; -0.165385); «добыча прочих полезных ископаемых» Д4 (25; -0.073529). Затем идет «производство металлургическое; производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования» ОП8 (21; -0.067646); «ремонт и монтаж машин и оборудования» ОП12 (33; -0.053073); «производство, передача и распределение пара и горячей воды <...>» ОЭ3 (52; -0.019888); «обработка древесины и производство изделий из дерева <...>» ОП3 (31; -0.013296); «предоставление услуг в области ликвидации последствий загрязнений <...>» В4 (30; -0.001626); «производство, передача и распределение электроэнергии» ОЭ1 (43; 0.01941); «производство бумаги и бумажных изделий; деятельность полиграфическая и копирование носителей информации» ОП4 (27; 0.02714); «производство и распределение газообразного топлива» ОЭ2 (48; 0.02902); «производство кокса и нефтепродуктов <...>» ОП5 (14; 0.02962); «сбор и обработка сточных вод» В2 (43; 0.03215); «забор, очистка и распределение воды» В1 (52; 0.03792); «производство химических веществ и химических продуктов; производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях» ОП6 (24; 0.06375); «производство машин и оборудования, не

включенных в другие группировки <...> ОП10 (30; 0.07254); «сбор, обработка и утилизация отходов; обработка вторичного сырья» В3 (37; 0.08353). В конце с самыми высокими оценками экономической сложности находятся обрабатывающие производства: «производство мебели; производство прочих готовых изделий» ОП11 (31; 0.08514); «производство прочей неметаллической минеральной продукции» ОП7 (38; 0.08907); «производство компьютеров, электронных и оптических изделий; производство электрического оборудования» ОП9 (35; 0.10366); «производство пищевых продуктов; производство напитков; производство табачных изделий» ОП1; (41; 0.10943); «производство текстильных изделий; производство одежды; производство кожи и изделий из кожи» ОП2 (33; 0.12856). Таким образом, добыча полезных ископаемых относится к наименее экономически сложным ВЭД, а обрабатывающие производства — к наиболее экономически сложным.

Индекс экономической сложности измеряет сложность производственной структуры региона путем объединения информации о *разнообразии* региональной экономики (количество сильных секторов, или ВЭД) и *распространенности* сильных секторов или ВЭД (количество регионов, в которых сектор или ВЭД является сильным, то есть производит продукцию на уровне выявленных сравнительных преимуществ). Идея, лежащая в основе индекса экономической сложности, заключается в том, что развитые региональные экономики разнообразны (диверсифицированы) и производят продукцию сильных секторов или ВЭД, которые в среднем имеют низкую распространенность, потому что только несколько региональных экономик развили сектор или ВЭД до уровня сильного. Характеристики сложности производственных структур регионов можно рассматривать как показатель уровня человеческого и социального капитала региональной экономики, поскольку способность региона производить продукцию сильных секторов с высокими оценками сложности зависит от накопленных знаний и способности людей формировать социальные и профессиональные сети для того, чтобы собирать, накапливать и использовать в производстве новые знания [10].



Рис. 2. Матрица 0-1 регион-сектор

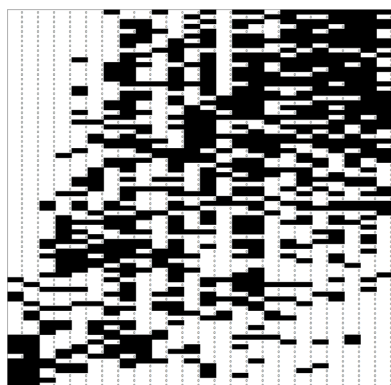


Рис. 3. Матрица 0-1 регион-ВЭД

На рис. 2 представлена 0-1 матрица, описывающая структуру региональных экономик, построенная для порога RCA 1. Строки матриц соответствуют регионам, столбцы — секторам экономики. ОЭС 79 регионов по данным о секторах экономики представлены в работе [11]. Темная ячейка матрицы означает, что соответствующий элемент матрицы равен 1. То есть, сектор является сильным в экономике региона. В противном случае элемент матрицы равен нулю и сектор сильным не является. Строки каждой матрицы упорядочены снизу вверх по возрастанию ОЭС регионов. Столбцы упорядочены слева направо по возрастанию ОЭС секторов. Рассмотрим структуру матрицы на рис. 2. Верхние строки содержат существенно больше единиц, чем нижние строки. Соответственно, регионы с более высокими ОЭС более диверсифицированы, чем регионы с низкими оценками. Сектора с относительно высокими оценками сложности являются сильными преимущественно в регионах с относительно высокими оценками экономической сложности. Соответственно, правый нижний угол матрицы слабо заполнен единицами. Сектора с относительно низкими оценками сложности являются сильными в регионах с относительно низкими оценками экономической сложности. Соответственно, левый верхний угол матрицы слабо заполнен единицами.

На рис.3 представлена 0-1 матрица, описывающая структуру региональных экономик на основе ВЭД для порога RCA 1. ОЭС 79 регионов по данным о ВЭД представлены в работе [12]. Темная ячейка матрицы означает, что соответствующий элемент матрицы равен 1. То есть,

продукция данного ВЭД производится регионом на уровне выявленных сравнительных преимуществ. Строки каждой матрицы упорядочены снизу вверх по возрастанию ОЭС регионов. Столбцы упорядочены слева направо по возрастанию ОЭС ВЭД. Структура матрицы на рисунке 3 указывает на те же особенности, которые мы наблюдаем на рисунке 2, и правильно отражает идею, заложенную в индексе экономической сложности. В работе [12] показано, что при пороге RCA 1 индекс экономической сложности по секторам и индекс экономической сложности по ВЭД обладают большей устойчивостью к изменению порога, чем при других пороговых значениях.

Сравнительный анализ оценок экономической сложности. При визуализации зависимости оценок экономической сложности регионов по 82 секторам (рис. 1б) можно наблюдать те же тенденции, что были показаны для 24 ВЭД (рис. 1а). Сравним ОЭС 79 регионов, полученные при пороговом значении RCA 1 на основе данных о налоговых поступлениях по 82 секторам и на основе данных по отгруженной продукции по 24 ВЭД за 2019 г. На рис. 4а точка характеризует регион. Ее координата по оси абсцисс — ОЭС региона по секторам. Координата по оси ординат — ОЭС по ВЭД. В нижней части рисунка — точки, соответствующие трем добывающим регионам (Оренбургская, Тюменская, Сахалинская области). Эти регионы имеют самые большие объемы производства в секторе 1055 (добыча сырой нефти). В верхнем правом углу регионы с развитыми секторами обрабатывающей и сельскохозяйственной продукции. Регионы, расположенные близко к диагонали, имеют близкие ОЭС по секторам и ВЭД. Коэффициент корреляции Пирсона индекса экономической сложности регионов по 82 секторам и индекса экономической сложности по 24 ВЭД составляет 0.771. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена составляет 0.758.

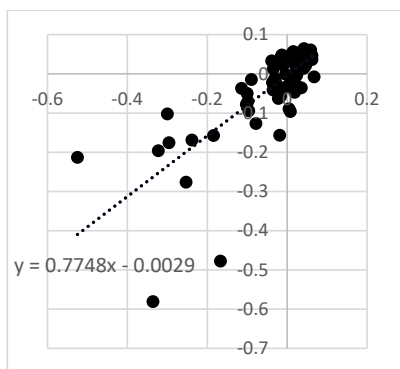


Рис. 4а. Оценки экономической сложности регионов по секторам (ось абсцисс) и ВЭД (ось ординат) для 79 регионов.

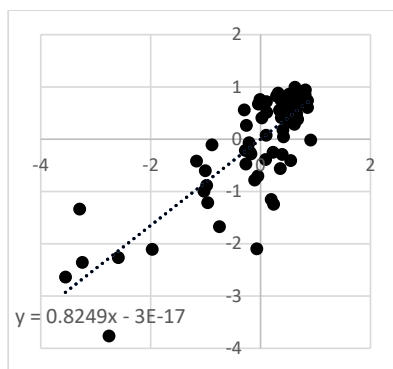


Рис. 4б. Оценки экономической сложности регионов по секторам (ось абсцисс) и ВЭД (ось ординат) без трех добывающих регионов.

Также представляет интерес рассмотрение ситуации без трех указанных выше добывающих регионов (рис. 4б). При отсутствии трех добывающих регионов (Оренбургская, Тюменская и Сахалинская области) корреляция ОЭС возрастает до 0.825. Это говорит о том, что в некоторых случаях ОЭС регионов по 24 ВЭД могут представлять интерес в той же степени, как ОЭС по секторам. Можно сделать вывод, что ОЭС регионов имеют высокую устойчивость при переходе от данных по налоговым поступлениям к данным по объемам производства и от данных по секторам к данным по ВЭД.

О возможностях прогнозирования. Процедура подготовки исходной информации для расчета ОЭС регионов по ВЭД проще, чем по секторам. Поэтому определенный интерес представляет возможность эконометрического моделирования ОЭС, полученных по секторам с использованием ОЭС по ВЭД и главных компонент структуры объемов производства по ВЭД. Эти главные компоненты рассчитаны аналогично тому, как построены главные компоненты отраслевой структуры ВРП в [9]. При этом использовались следующие три сводных показателя. F1 — доля суммарного объема производства по четырем ВЭД в ВРП: «добыча угля», «добыча металлических руд», «добыча прочих полезных ископаемых», «предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых». F2 — доля объема производства по ВЭД «добыча нефти и природного

газа» в ВРП. F3 — доля суммарного объема производства по трем укрупненным ВЭД в ВРП: «обрабатывающие производства» (12 ВЭД); «обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» (3 ВЭД); «водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений» (4 ВЭД). На основании данных по этим трем показателям за 2019 г. были рассчитаны три главные компоненты. Общая доля дисперсии, объясняемая первой g_1 и второй g_2 главными компонентами, составляет 97.9%. Факторные нагрузки для первой и второй главных компонент приведены в табл. 1. Первая главная компонента разделяет регионы с развитыми ВЭД по добыче полезных ископаемых (высокая положительная корреляция с показателями F1 и F2, характеризующими все ВЭД, связанными с добычей полезных ископаемых) и прочие регионы (высокая отрицательная корреляция с показателем F3, характеризующим все прочие ВЭД). Вторая главная компонента разделяет регионы с развитым ВЭД «добыча нефти и природного газа» (высокая отрицательная корреляция с F2); регионы с развитыми ВЭД «добыча угля»; «добыча металлических руд»; «добыча прочих полезных ископаемых»; «предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых» (высокая положительная корреляция с F1) и регионы, не специализирующиеся в ВЭД, связанных с добычей полезных ископаемых (близкая к нулю корреляция с F3).

Таблица 1. Факторные нагрузки.

Показатели	g_1	g_2
F1	0.7578	0.6394
F2	0.6569	-0.7453
F3	-0.9837	-0.0057

На рис.5 показаны 79 регионов в пространстве двух первых главных компонент. В первом ортанте с положительными координатами по первой и второй главным компонентам точки соответствуют регионам с относительно высоко развитыми ВЭД «добыча угля»; «добыча металлических руд»; «добыча прочих полезных ископаемых»; «предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых». В ортанте с положительными координатами по первой и отрицательными координатами по второй главной компоненте точки соответствуют регионам с относительно высоко развитым ВЭД «добыча нефти и природного газа». В левой части

рисунка с отрицательными координатами по первой и с близкими к нулю координатами по второй главной компоненте точки соответствуют регионам, не специализирующиеся в ВЭД, связанных с добычей полезных ископаемых. Особое положение в правой части рисунка с координатой по первой главной компоненте, близкой к 4 и по второй — близкой к 0, занимает точка, соответствующая региону Республика Саха (Якутия).

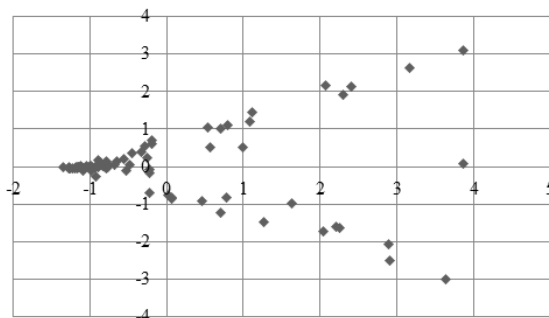


Рис. 5. Регионы в пространстве двух первых главных компонент структуры ВРП по ВЭД.

В табл.2 приведены оценки по данным 2019 г. регрессии индекса экономической сложности регионов по секторам экономики на три объясняющих переменные: индекс экономической сложности регионов по ВЭД, первая $g1$ и вторая $g2$ главные компоненты структуры экономики по ВЭД.

Таблица 2. Коэффициенты регрессии.

Объясняющие переменные	Коэффициент	P>t
ESI_k	0.6769	0
$g1$	-0.1519	0.034
$g2$	0.3002	0
cons	-0.0314	0.527

Все объясняющие переменные значимы на 5% уровне. Коэффициент детерминации $R^2 = 0.737$ указывает на то, что корреляция фактических и ожидаемых значений экономической сложности по регионам

превышает 0.85. Полученные результаты подтверждают возможность построения модели для прогнозирования ОЭС регионов по секторам экономики с использованием ОЭС регионов по ВЭД и двух первых главных компонент структуры экономики по ВЭД.

Ситуационное моделирование траекторий ОЭС. Представляет интерес вопрос о том, как изменяются ОЭС регионов при появлении в одном из них нового сильного сектора. Этот вопрос рассмотрен в работе [11] в предположении, что появление нового сильного сектора не приводит к другим изменениям в структуре сильных секторов региональных экономик. На основе анализа соотношений (2) в этой работе показано, что изменение ОЭС региона при появлении в нем нового сильного сектора, в основном, зависит от разности ОЭС этого сектора и средней ОЭС всех уже имеющихся сильных секторов региона. То есть, чем выше экономическая сложность сектора, тем выше ОЭС региона, в котором этот сектор становится сильным. Изменения ОЭС других регионов также возможны, так как меняются оценки сложности секторов или ВЭД (3). Однако, *увеличение объема производства одного лишь сектора (ВЭД) в экономике одного региона до уровня сильного, может сопровождаться изменениями в структуре сильных секторов (ВЭД) других регионов. Эти изменения тоже могут оказывать влияние на оценки экономической сложности регионов и секторов.*

Для того, чтобы ОЭС можно было рассматривать в качестве ориентира для выбора направлений диверсификации нужно, чтобы траектории изменения этих оценок правильно отражали действия региона, направленные на развитие в нем новых сильных секторов или ВЭД. Для этого развитие новых сильных секторов или ВЭД в регионе, ориентированное на повышение его экономической сложности, должно сопровождаться относительным повышением его ОЭС по сравнению с ОЭС регионов, не ориентированных на развитие новых сильных секторов.

Построим траектории ОЭС регионов на основе ситуационной модели [13,14] диверсификации структур региональных экономик. Для сравнительного анализа используем данные как о секторах экономики, так и ВЭД для 79 регионов. ОЭС мы будем рассчитывать по всем 79 регионам. Для наглядности будем рассматривать рисунки, на каждом из которых изображены траектории ОЭС не всех, а лишь нескольких регионов.

Моделируется ситуация, когда один, или более регионов целенаправленно диверсифицируют структуру сильных секторов своей экономики. Каждый из этих регионов на очередном шаге моделирования

развивает тот новый сильный сектор (ВЭД), появление которого приводит к максимальному росту ОЭС этого региона. На каждом шаге компьютерного моделирования такой сектор выявляется путем перебора всех возможных вариантов. Другие регионы целенаправленно не занимаются диверсификацией. Траектории их ОЭС приводятся для сравнения. Точка на траектории ОЭС любого региона соответствует очередному шагу диверсификации. Рассмотрим результаты моделирования.

На рис.6 представлены траектории ОЭС 3-х регионов, оцененные по секторам. Рассматривается гипотетическая ситуация, когда два региона — Курская область и Владимирская область целенаправленно диверсифицирует экономику. *Появление нового сильного сектора в регионе моделируется без учета роста объема производства путем замены значения 0 соответствующего элемента матрицы структуры сильных секторов на 1 и не оказывает влияния на структуру сильных секторов других региональных экономик.* На начальном этапе моделирования в Курской области 22 сильных сектора, во Владимирской области — 37, ОЭС этих регионов близки. Белгородская область целенаправленно не диверсифицирует экономику. На начальном этапе оценки ее экономической сложности существенно выше, чем оценки двух других регионов. На каждом шаге в процессе появления новых сильных секторов ОЭС Курской и Владимирской областей растут. Оценки Белгородской области меняются незначительно в результате изменения ОЭС секторов. На заключительном этапе оценка экономической сложности Курской области превосходит оценку Белгородской области. Разница между оценками Владимирской области и Белгородской области сокращается.

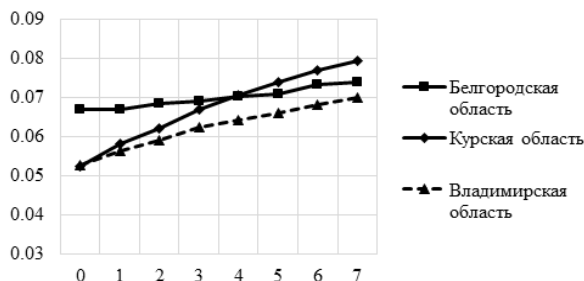


Рис. 6. Траектории ОЭС по данным о секторах без учета роста объема производства.

На рис.7 представлены траектории ОЭС 3-х регионов, также оцененные по данным о секторах. Рассматривается ситуация, когда один из них — Владимирская область, целенаправленно диверсифицирует экономику. На начальном этапе моделирования в этом регионе 37 сильных секторов. На каждом шаге моделирования в экономике появляется новый сильный сектор, который обеспечивает максимальный рост оценки экономической сложности региона. Белгородская и Курская области целенаправленно не диверсифицируют экономику. *Появление нового сильного сектора во Владимирской области моделируется с учетом роста объема производства этого сектора.* При этом на каждом шаге пересчитываются оценки RCA для 79 регионов и оценивается влияние каждого нового сильного сектора во Владимирской области на структуру сильных секторов других региональных экономик. Эти изменения, в свою очередь, вызывают изменения ОЭС регионов. ОЭС Владимирской области существенно возрастают относительно оценок экономической сложности Белгородской и Курской отраслей. Оценки Белгородской области мало меняются вследствие изменения оценок сложности секторов. На шаге 4 ОЭС Курской области значительно увеличивается вследствие появления в ее структуре нового сильного сектора, вызванного диверсификацией экономики Владимирской области.

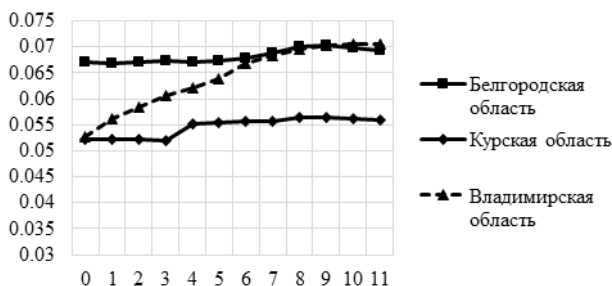


Рис. 7. Траектории ОЭС по данным о секторах с учетом роста объема производства.

На рис. 8 представлены траектории ОЭС 3-х регионов, оцененные по секторам. Рассматривается ситуация, когда два из них — Курская и Владимирская области целенаправленно диверсифицируют экономику. *Появление нового сильного сектора в каждом из этих регионов моделируется с учетом роста объема производства.* На начальном этапе

ОЭС этих регионов ниже, чем ОЭС Белгородской области, которая целенаправленно не диверсифицирует экономику. ОЭС Белгородской области меняется незначительно. На заключительном шаге ОЭС Белгородской области значительно ниже, чем ОЭС Курской и Владимирской областей. На траектории ОЭС каждого региона оказывают влияние изменения в структурах сильных секторов других регионов.

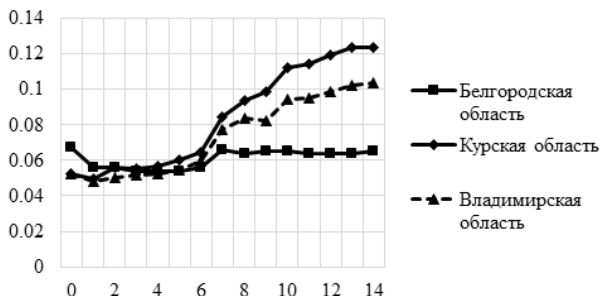


Рис. 8. Траектории ОЭС по данным о секторах с учетом роста объема производства.

На рис. 9 представлены траектории ОЭС 3-х регионов, оцененные по данным о ВЭД. Рассматривается ситуация, когда один из них — Курская область, целенаправленно диверсифицирует экономику. На начальном этапе моделирования в этом регионе 10 сильных ВЭД. На каждом шаге в экономике появляется новый сильный ВЭД, который обеспечивает максимальный рост оценки экономической сложности региона. *Появление нового сильного ВЭД в Курской области моделируется путем замены значения 0 соответствующего элемента матрицы структуры сильных ВЭД на 1 и не оказывает влияния на структуру сильных ВЭД региональных экономик Белгородской и Владимирской областей, которые целенаправленно не диверсифицируют экономику.* ОЭС этих двух регионов меняются незначительно в связи с изменениями в ОЭС ВЭД, вызванными диверсификацией экономики Курской области. На первых шагах ОЭС Курской области существенно возрастают относительно ОЭС Белгородской и Владимирской областей. После 4 шага происходит их снижение, так как новые сильные ВЭД, появляющиеся в структуре экономики Курской области, имеют относительно низкие оценки экономической сложности. ОЭС Белгородской области мало меняются относительно ОЭС Владимирской области.

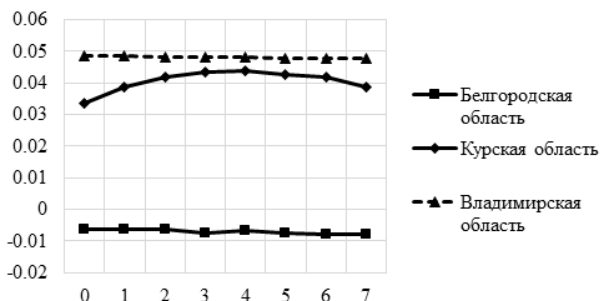


Рис. 9. Траектории ОЭС регионов по данным о ВЭД без учета роста объема производства.

На рис. 10 Курская область и Владимирская область целенаправленно диверсифицируют экономику, развивая ВЭД до уровня сильных. На начальном этапе моделирования в Курской области 10 сильных ВЭД, у Владимирской области — 13. Белгородская область целенаправленно не диверсифицирует экономику. *Появление нового сильного ВЭД моделируется на основе роста объема производства этого ВЭД.* ОЭС Владимирской и Курской области существенно возрастают относительно ОЭС Белгородской области. ОЭС Белгородской области мало меняются вследствие изменения ОЭС ВЭД. На траектории ОЭС каждого региона оказывают влияние изменения в структурах сильных ВЭД других регионов.

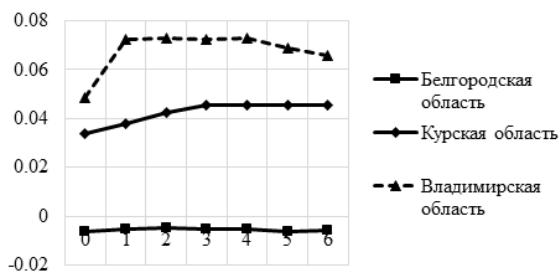


Рис. 10. Траектории ОЭС регионов по данным о ВЭД с учетом роста объема производства.

В следующем примере формирование траектории развития структуры региональной экономики основано на выборе такого сектора (ВЭД) в регионе для развития до уровня сильного, который имеет максимальную оценку экономической сложности. На рис. 11 представлены траектории экономической сложности 3 регионов, оцененные по секторам. Рассматривается ситуация, когда только Ивановская область целенаправленно диверсифицирует экономику. **На каждом шаге в экономике появляется новый сильный сектор, который имеет самую высокую ОЭС.** Владимирская и Воронежская области целенаправленно не диверсифицируют экономику. На каждом шаге пересчитываются оценки RCA и ОЭС для 79 регионов.

На рисунке 11 траектория ОЭС Ивановской области на шаге 1 не растет, а снижается. Это происходит потому, что при появлении нового сильного сектора с максимальной ОЭС два сектора перестают быть сильными в экономике этого региона. Однако последующих шагах траектория ОЭС растет и существенно превосходит траектории ОЭС регионов, которые не занимаются целенаправленной диверсификацией своей экономики. ОЭС других регионов меняются незначительно.

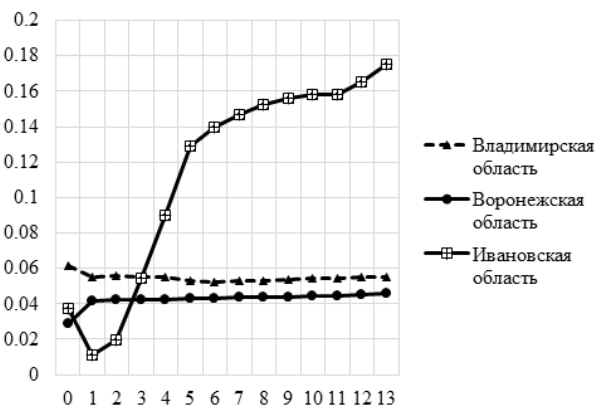


Рис. 11. Траектории ОЭС по данным о секторах с учетом роста объема производства.

Заключение. Представлен подход к оценке экономической сложности регионов на основе данных об объемах производства по 24 видам экономической деятельности (ВЭД). Проведен сравнительный анализ

оценок экономической сложности 79 регионов по 24 ВЭД и по 82 секторам на данных за 2019 г. Показано, что оценки экономической сложности сохраняют высокую устойчивость при переходе от данных по налоговым поступлениям к данным по объемам производства и от данных по секторам к данным по ВЭД. Представлены оценки регрессии индекса экономической сложности регионов по секторам экономики на три объясняющих переменные: индекс экономической сложности регионов по ВЭД, первая и вторая главные компоненты структуры экономики по ВЭД. Все объясняющие переменные значимы на 5% уровне. Корреляция фактических и ожидаемых значений оценок экономической сложности регионов по секторам превышает 0.85.

Рекомендации по диверсификации региональной экономики могут быть основаны на подходах, ориентированных на повышения экономической сложности. При формировании траекторий развития структуры региональной экономики в данной работе рассмотрены два подхода: 1) выбор такого сектора (ВЭД) в регионе для развития до уровня сильного, который обеспечивает максимальный рост экономической сложности региона; 2) выбор такого сектора (ВЭД) в регионе для развития до уровня сильного, который имеет максимальную оценку экономической сложности. Преимущество первого подхода в том, что он формирует развитие траектории ОЭС региона, на которое изменение структуры сильных секторов (ВЭД) этого региона оказывает влияние меньшее, чем изменение структуры сильных секторов (ВЭД) других регионов. В результате наблюдается устойчивый умеренный рост ОЭС региона. Преимущество второго подхода в том, что в долгосрочном периоде он обеспечивает возможность достижения более высоких ОЭС. Недостатком подхода является то, что в краткосрочном периоде на ОЭС региона могут оказывать существенное отрицательное влияние изменения структуры его сильных секторов (ВЭД).

Анализ траекторий ОЭС регионов, построенных на основе ситуационного моделирования, может быть полезен при решении задач управления, направленных на повышение экономической сложности региона, так как позволяет оценить взаимное влияние изменения структур сильных секторов региональных экономик. При этом траектории ОЭС регионов, построенные двумя рассмотренными способами, целесообразно рассматривать в качестве альтернативы для сравнения с траекториями, полученными на основе экспертного выбора сектора (ВЭД) для развития до уровня сильного.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев М.Ю.* Новые ориентиры цифровой экономики: о взаимосвязи экономической сложности и материального благосостояния // *Вестник ЦЭМИ РАН*, 2022. Т.5, вып 1. doi: 10.33276/S265838870019868-7
2. *Афанасьев М.Ю., Ильин Н.И.* Новые ориентиры для выбора приоритетных направлений диверсификации экономики на базе системы ситуационных центров // *Экономика и математические методы*. 2022. Том 58, №4. С. 29-44. doi: 10.31857/S042473880023017-7
3. *Hausmann R., Klinger B.* Structural transformation and patterns of comparative advantage in the product space. 2006. CID Working Paper No. 128.
4. *Hausmann R., Rodrik D.* Economic development as selfdiscovery. *Journal of Development Economics*. 2003. Vol.72 (2). P.603–633.
5. *Sciarra C., Chiarotti G., Ridolfi L. et al.* Reconciling contrasting views on economic complexity. *Nat Commun*. 2020. Vol.11, 3352. doi: 10.1038/s41467-020-16992-1
6. Регионы России. Социально-экономические показатели — 2020 г. / Статистический справочник. Росстат. URL: https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm
7. *Hartmann D.* Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World Development*. 2017. Vol.93, P.75–93.
8. *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.
9. *Айвазян С. А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В.* Метод кластеризации регионов РФ с учетом отраслевой структуры ВРП // *Прикладная эконометрика*. 2016. № 1(41). С. 24-46.
10. *Hidalgo C.* Why information grows: The evolution of order, from atoms to economies. New York: Penguin Press. 2016.
11. *Афанасьев М.Ю., Гусев А.А.* Аппроксимация оценок экономической сложности при выборе приоритетных направлений диверсификации // *Цифровая экономика*. 2022. № 1(17). С. 52-59. doi: 10.34706/DE-2022-01-05.
12. *Афанасьев М.Ю., Гусев А.А.* О взаимосвязи индексов экономической сложности и индикаторов социально-экономического развития // *Вестник ЦЭМИ*. 2023. Т.6, вып.2.
13. *Клыков Ю.И.* Ситуационное управление большими системами. М.: Энергия, 1974.
14. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986.

ECONOMIC COMPLEXITY: TRAJECTORIES OF REGIONAL DEVELOPMENT

Afanasiev M. Yu., Gusev A.A.

The comparison of indices of economic complexity of regions based on data on production volumes by sector and indices based on data on types of economic activity is carried out. The results of regression analysis are presented, indicating the possibility of forecasting the index of economic complexity of regions by sector using the index of economic complexity of regions by type of economic activity, the first and second main components of the structure of the economy by type of economic activity. A comparative analysis of the trajectories of estimates of the economic complexity of the regions based on two approaches is carried out. The analysis of trajectories constructed by the method of situational modeling can be useful in solving management problems aimed at increasing the economic complexity of the region, as it allows us to assess the mutual impact of changes in the structures of strong sectors of regional economies.