
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Ситуационное моделирование траекторий экономической сложности регионов

© 2023 г. М.Ю. Афанасьев, А.А. Гусев

М.Ю. Афанасьев,

ЦЭМИ РАН, Москва; e-mail: mi.afan@yandex.ru

А.А. Гусев,

ЦЭМИ РАН, Москва; e-mail: gusevalexeval@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.07.2023

Аннотация. Повышение экономической сложности региона может способствовать повышению уровня материального благосостояния населения, поэтому ее рост следует рассматривать как один из критериев оценки решений, способствующих диверсификации. Увеличение объема производства одного сектора в регионе может приводить к изменению структуры сильных секторов его экономики и оценки его экономической сложности. Важно учитывать, что при этом могут изменяться структуры сильных секторов других регионов. В работе представлены условия, при выполнении которых происходят такие изменения. Проведен сравнительный анализ траекторий оценок экономической сложности регионов, построенных на основе двух подходов: 1) выбор сектора или вида экономической деятельности в регионе для развития до уровня сильного, который обеспечивает максимальный рост экономической сложности региона; 2) выбор сектора или вида экономической деятельности, который имеет самую высокую оценку экономической сложности. Траектории оценок экономической сложности регионов, построенные двумя разными способами, целесообразно рассматривать в качестве альтернатив для сравнения с траекториями, полученными на основе экспертного выбора направления диверсификации. Представлены результаты регрессионного анализа, указывающие на возможность прогнозирования оценок экономической сложности регионов по секторам с использованием оценок экономической сложности регионов по видам экономической деятельности, первой и второй главных компонент структуры экономики по видам экономической деятельности.

Ключевые слова: региональная экономика, экономическая сложность, ситуационное моделирование

Классификация JEL: C53, D51.

Для цитирования: Афанасьев М.Ю., Гусев А.А. (2023). Ситуационное моделирование траекторий экономической сложности регионов // *Экономика и математические методы*. Т. 59. № 4. С. 58–70. DOI: 10.31857/S042473880028217-7

ВВЕДЕНИЕ

Одним из инструментов сопротивления к внешним вызовам, а также повышения экономической безопасности в целом является диверсификация экономики. Для современных сложных экономик умение адаптироваться к быстроменяющимся условиям на основе диверсификации создает возможности для устойчивого развития. «Недостаточная диверсификация экономики ограничивает возможности производить более технологичную продукцию, что может быть одной из причин длительной экономической отсталости» (Любимов и др., 2017).

Одним из современных способов отражения диверсификации является концепция экономической сложности. Относительно недавно в работах (Hausmann, Rodrik, 2003; Hausmann, Hwang, Rodrik, 2006; Hidalgo, Hausmann, 2009; Hartmann, 2017) был разработан подход к измерению экономической сложности с использованием данных о структуре экспорта по странам. В работе (Любимов и др., 2017) данная концепция была применена к данным о структуре экспорта по регионам России. В статье (Афанасьев, Кудров, 2021) авторы получили оценки экономической сложности российских регионов по данным о налоговых поступлениях, отражающих объемы производства секторов.

Повышение экономической сложности региональных экономик связано с решением задач обеспечения экономической безопасности. Тема экономической безопасности достаточно полно отражена в работах (Волошенко Е., Волошенко К., 2018; Волошенко, 2021), где отмечается,

что экономическая безопасность региона не должна рассматриваться в отрыве от экономической сложности. При выборе направления развития региона необходимо учитывать его возможности, потенциал и риски.

Регионы с высокой экономической сложностью, а следовательно, и с большим числом накопленных знаний обычно более устойчивы к экономическим шокам и более конкурентоспособны на международном уровне. Понимание экономической сложности может помочь в планировании и реализации стратегий социально-экономического развития, обеспечивая более эффективное распределение ресурсов и повышение качества жизни. В современных исследованиях доказываются положительное влияние роста сложности экономики территории на ее социально-экономическое развитие (Кравченко, Агеева, 2017; Reynolds, 2018; Roos et al., 2018), производительность труда, занятость и сохранение рабочих мест (Pyus и др., 2020; Antonis, Antonios, Athanasios, 2019; Roos, 2017), сокращение неравенства доходов (Morais, Swart, Jordaan, 2021), возможности диверсификации экспорта (Кадочников, Федюнина, 2013; Коцофана, Стажкова, 2011; Любимов и др., 2017; Farra et al., 2013), диффузию инноваций (Hartmann, 2019; Hidalgo, 2018). Оценки экономической сложности могут быть использованы для определения приоритетных направлений развития экономики регионов и страны в целом (Половян, Сеницына, 2020; Афанасьев, Ильин, 2022; Караев, 2022).

С помощью оценок экономической сложности региона становится возможным определить уровень развития структуры его экономики и объем накопленных знаний. Построение будущей траектории оценки экономической сложности региона открывает возможности для прогнозирования и моделирования сценариев трансформации его структуры с учетом экономической безопасности.

Целью работы является сравнительный анализ траекторий оценок экономической сложности, формирующихся вследствие изменения структур региональных экономик. Оценки экономической сложности (ОЭС) рассчитываются двумя способами: на основе данных об объемах производства по секторам экономики и по видам экономической деятельности (ВЭД). Описание исходных данных и подхода к расчету ОЭС субъектов РФ по секторам экономики представлены в работах (Афанасьев, Кудров, 2021; Афанасьев, Гусев, 2022). Исходные данные и подход к расчету ОЭС регионов по ВЭД приведены в работе (Афанасьев, Гусев, 2023).

ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ

Для описания структуры региональной экономики использованы данные об объемах отгруженной продукции по секторам, или ВЭД. Сначала определим показатель выявленных сравнительных преимуществ (RCA_{kj}) (Balassa, 1965):

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

где y_{kj} — объем производства сектора (ВЭД) j экономики региона k ; RCA_{kj} — отношение доли производства сектора (ВЭД) j в общем объеме производства всех секторов (или ВЭД) экономики региона k к доле производства сектора (ВЭД) j всех регионов в объеме производства всех секторов (ВЭД) экономик всех регионов. Для выявления сравнительных преимуществ в региональных экономиках в соответствии с работой (Hausmann, Klinger, 2006) будем использовать показатель RCA_{kj} , для которого проверяется условие ограничения снизу. А именно: если значение RCA_{kj} превышает единицу, считается, что экономика региона k обладает выявленными сравнительными преимуществами в выпуске продукции сектора (или ВЭД) j ; если значение RCA_{kj} меньше единицы, то выявленных сравнительных преимуществ нет:

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

Матрица $A = (a_{kj})$ из нулей и единиц содержит данные о секторах (или ВЭД), которые в разных регионах развиты на уровне выявленных сравнительных преимуществ. Строки этой матрицы соответствуют регионам, столбцы — секторам (ВЭД). Вектор $(a_{kj_1}, \dots, a_{kj_m})$ будем называть структурой сильных секторов (ВЭД) экономики региона k .

В соответствии со стандартным подходом (Hausmann, Hwang, Rodrik, 2006; Hidalgo, Hausmann, 2009; Hartmann, 2017; Афанасьев, Кудров, 2021) понятие *экономическая сложность региона* рассматривается как характеристика, отражающая уровень его технологического развития, который определяется сильными секторами (ВЭД) в структуре его экономики. Соответственно, экономическая сложность сектора (ВЭД) зависит от уровня технологического развития тех регионов, в структуре

которых этот сектор (ВЭД) развит до уровня сильного. Экономическая сложность региона пропорциональна среднему уровню экономической сложности сильных секторов (ВЭД) в структуре его экономики:

$$ECI_k = a_1 \sum_j r_{kj} ECI_j, r_{kj} = a_{kj} / q_{k0}, q_{k0} = \sum_j a_{kj}. \quad (2)$$

Здесь q_{k0} — число сильных секторов (ВЭД) в экономике региона; r_{kj} — весовой коэффициент; a_1 — положительная константа.

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

$$ECI_j = a_2 \sum_k r_{jk}^* ECI_k, r_{jk}^* = a_{jk}^* / q_{j0}, q_{j0} = \sum_k a_{jk}^*. \quad (3)$$

Здесь q_{j0} — число регионов, в которых сектор (ВЭД) является сильным; r_{jk}^* — весовой коэффициент; a_2 — положительная константа.

Пусть $\mathbf{c} = (ECI_{k_1}, ECI_{k_2}, \dots)^T$ — вектор-столбец значений ОЭС для регионов; $\mathbf{p} = (ECI_{j_1}, ECI_{j_2}, \dots)^T$ — вектор-столбец значений ОЭС сложности для секторов (ВЭД); $\mathbf{R}_1 = (r_{kj})$, $\mathbf{R}_2 = (r_{jk}^*)$ — матрицы весов. Из соотношений (2) и (3) следует, что $\mathbf{c} = a_1 a_2 \mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2 \mathbf{c}$, $\mathbf{p} = a_1 a_2 \mathbf{R}_2 \mathbf{R}_1 \mathbf{p}$. Таким образом, ОЭС региона определяются как собственный вектор матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$, а ОЭС секторов (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 (Hausmann, Rodrik, 2003; Sciarra et al., 2020) в качестве значений ОЭС регионов предлагается рассматривать компоненты собственного вектора матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$, который соответствует второму максимальному собственному значению.

При расчете ОЭС регионов по секторам использованы данные о налоговых поступлениях¹ за 2019 г. (Афанасьев, Кудров, 2021). На основе стандартного подхода рассчитаны структуры сильных секторов и ОЭС регионов по секторам. Для расчета ОЭС регионов по ВЭД взяты показатели промышленного производства по четырем укрупненным видам экономической деятельности, а также структуры объемов отгруженной продукции. В результате, по данным Федеральной службы государственной статистики за 2019 г.², для российских регионов получены объемы отгруженных товаров, выполненных работ и услуг по 24 ВЭД (Афанасьев, Гусев, 2023). На основе стандартного подхода определены структуры сильных ВЭД и ОЭС регионов по ВЭД. Сравнительный анализ ОЭС регионов, рассчитанных по секторам и ВЭД, позволяет 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 (Афанасьев, Гусев, 2023).

В работе (Афанасьев, Ильин, 2022) предложен подход к оценке приоритетных направлений диверсификации на основе рекомендаций для развития секторов. При этом диверсификация экономики региона связывается с появлением нового сильного сектора. Подход ориентирован на повышение экономической сложности региональной экономики. Используемая методология позволяет в реальном масштабе времени учитывать и отображать в исходной информации, рассматриваемой любым регионом, решения, уже принятые другими регионами, что является актуальной задачей для системы ситуационных центров. Установлена значимая статистическая зависимость индекса экономической сложности с показателями социально-экономического развития, характеризующими качество жизни, — среднедушевым доходом, уровнем безработицы, коэффициентом естественного прироста населения, ВРП на душу, продукцией сельского хозяйства на душу и заболеваемостью от новообразований (Афанасьев, 2022; Афанасьев, Гусев, 2023). Таким образом, ориентация региона на повышение экономической сложности может способствовать росту качества жизни населения.

¹ «Данные о налоговых поступлениях по секторам экономики за 2019 год» (https://www.nalog.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytics/forms/8826515/).

² Регионы России. Социально-экономические показатели — 2020 г. (https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm).

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ СЕКТОРА (ВЭД) НА СТРУКТУРЫ СИЛЬНЫХ СЕКТОРОВ (ВЭД) РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОНОМИК

Оценки экономической сложности, полученные в соответствии с описанным выше подходом, являются относительными. Если, например, для каждой пары «регион k — сектор j » или «регион k — ВЭД j » объемы производства y_{kj} изменятся пропорционально, то значения RCA_{kj} и элементы матрицы A , описывающие региональные структуры сильных секторов, или сильных ВЭД, не изменятся. Не изменятся и ОЭС регионов.

Рассмотрим более общий случай. Предположим, что в регионе k объем производства сектора (ВЭД) j возрастает на величину $\alpha_{kj}y_{kj}$. При этом для любых других пар индексов объемы производства не меняются. Определим, при каком значении величины α_{kj} сектор (ВЭД) j , который ранее не был сильным в регионе k , станет сильным.

Введем обозначения: $U_j = \sum_k y_{kj} / \sum_{kj} y_{kj}$; $\beta_{kj} = y_{kj} / \sum_j y_{kj}$; $\gamma_{kj} = y_{kj} / \sum_k y_{kj}$; $\mu_{kj} = y_{kj} / \sum_{kj} y_{kj}$. Здесь U_j — доля производства сектора (ВЭД) в общем объеме производства региональных экономик; β_{kj} — доля объема производства сектора (ВЭД) в регионе в общем объеме производства экономики региона; γ_{kj} — доля объема производства сектора (ВЭД) в регионе в общем объеме производства сектора в региональных экономиках; μ_{kj} — доля производства сектора (ВЭД) в регионе в общем объеме производства региональных экономик.

Заметим, что до увеличения объема производства сектора (ВЭД) j на $\alpha_{kj}y_{kj}$ величина $RCA_{kj} < 1$. Чтобы после увеличения объема производства сектора (ВЭД) j на $\alpha_{kj}y_{kj}$ он стал сильным в регионе k , величина RCA_{kj} должна быть не меньше единицы, т.е. должно выполняться неравенство

$$\frac{(y_{kj} + \alpha_{kj}y_{kj})(\sum_{kj} y_{kj} + \alpha_{kj}y_{kj})}{(\sum_j y_{kj} + \alpha_{kj}y_{kj})(\sum_k y_{kj} + \alpha_{kj}y_{kj})} \geq 1.$$

Отсюда получаем условие

$$\alpha_{kj} \geq (1 - RCA_{kj}) / [(1 - \gamma_{kj})(1 - \beta_{kj}) - (1 - RCA_{kj})]. \quad (4)$$

Из условия $RCA_{kj} < 1$ следует, что правая часть неравенства (4) является величиной положительной. Если условие (4) выполняется, то в результате увеличения объема производства сектора (ВЭД) j на величину $\alpha_{kj}y_{kj}$ он становится сильным в регионе k .

Оценим, как развитие сектора (ВЭД) j до уровня сильного в регионе k может повлиять на структуру сильных секторов (ВЭД) этого региона. Рассмотрим сектор (ВЭД) i ($i \neq j$). Предположим, что этот сектор (ВЭД) не был сильным в регионе k . При любом положительном α_{kj} имеет место неравенство, где в правой части стоит величина RCA_{ki} до, а в левой — после того как объем производства сектора (ВЭД) j в регионе k возрастает на величину $\alpha_{kj}y_{kj}$:

$$\frac{y_{ki}(\sum_{kj} y_{kj} + \alpha_{kj}y_{kj})}{(\sum_j y_{kj} + \alpha_{kj}y_{kj})\sum_k y_{ki}} < \frac{y_{ki}\sum_{kj} y_{kj}}{\sum_j y_{kj}\sum_k y_{ki}}.$$

Если сектор (ВЭД) i ($i \neq j$) не был сильным в регионе k , то, в результате того что сектор (ВЭД) j становится сильным в регионе k , сектор (ВЭД) i в регионе k сильным не станет.

Предположим теперь, что сектор (ВЭД) i был сильным в регионе k . Тогда $RCA_{ki} \geq 1$. Чтобы после увеличения объема производства сектора j на величину $\alpha_{kj}y_{kj}$ сектор (ВЭД) i перестал быть сильным в регионе k , должно выполняться неравенство

$$y_{ki}(\sum_{kj} y_{kj} + \alpha_{kj}y_{kj}) / [(\sum_j y_{kj} + \alpha_{kj}y_{kj})\sum_k y_{ki}] < 1.$$

Отсюда получаем условие

$$\alpha_{kj} > (RCA_{ki} - 1) / [(1 - \gamma_{kj})\beta_{kj}]. \quad (5)$$

Случай $\gamma_{ki} = 1$ означает, что сектор (ВЭД) i имеет положительный объем производства только в регионе k . В таком случае он остался бы сильным сектором (ВЭД), независимо от изменения объема производства сектора (ВЭД) j . Но таких случаев в наших данных нет. Если $\gamma_{ki} < 1$, то правая часть неравенства (5) — величина положительная. Если правая часть неравенства (4) больше правой части неравенства (5), то когда сектор (ВЭД) j станет сильным в регионе k , сектор (ВЭД) i перестанет быть сильным в регионе k .

Оценим теперь, как развитие сектора (ВЭД) j до уровня сильного в регионе k может повлиять на значение элемента матрицы A структуры сильных секторов (ВЭД), соответствующего сектору (ВЭД) j в регионе s ($s \neq k$). Предположим, что сектор (ВЭД) j не был сильным в регионе s . При любом положительном α_{kj} имеет место неравенство

$$\frac{y_{sj}(\sum_k y_{kj} + \alpha_{kj} y_{kj})}{\sum_j y_{sj}(\sum_k y_{kj} + \alpha_{kj} y_{kj})} < \frac{y_{sj} \sum_k y_{kj}}{\sum_j y_{sj} \sum_k y_{kj}}.$$

Следовательно, если сектор (ВЭД) j не был сильным в регионе s ($s \neq k$), то когда сектор (ВЭД) j становится сильным в регионе k , сектор (ВЭД) j в регионе s сильным не будет.

Предположим, что сектор (ВЭД) j был сильным в регионе s . Тогда $RCA_{sj} \geq 1$. Чтобы после увеличения объема производства сектора (ВЭД) j в регионе k на величину $\alpha_{kj} y_{kj}$ сектор (ВЭД) j перестал быть сильным в регионе s , должно выполняться неравенство

$$y_{sj}(\sum_k y_{kj} + \alpha_{kj} y_{kj}) / \left[\sum_j y_{sj}(\sum_k y_{kj} + \alpha_{kj} y_{kj}) \right] < 1.$$

Отсюда получаем условие

$$\alpha_{kj} > (RCA_{sj} - 1) / \left[(1 - \beta_{sj}) \gamma_{kj} \right]. \quad (6)$$

Случай $\beta_{sj} = 1$ означает, что в регионе s только сектор (ВЭД) j имеет положительный объем производства. В таком случае он остался бы сильным сектором в регионе s независимо от изменения объема производства сектора (ВЭД) j в регионе k . Но таких случаев в наших данных нет. Если $\beta_{sj} < 1$, то правая часть неравенства (6) — величина положительная. Если правая часть неравенства (4) больше правой части неравенства (6), то когда сектор (ВЭД) j станет сильным в регионе k , сектор (ВЭД) j перестанет быть сильным в регионе s .

Оценим, как развитие сектора (ВЭД) j до уровня сильного в регионе k может повлиять на значение элемента матрицы A структуры сильных секторов (ВЭД), соответствующего сектору (ВЭД) i ($i \neq j$) в регионе s ($s \neq k$). Предположим, что сектор (ВЭД) i был сильным в регионе s . При любом положительном α_{kj} имеет место неравенство

$$\frac{y_{si}(\sum_k y_{kj} + \alpha_{kj} y_{kj})}{\sum_j y_{sj} \sum_k y_{ki}} > \frac{y_{si} \sum_k y_{kj}}{\sum_j y_{sj} \sum_k y_{ki}}.$$

Следовательно, если сектор (ВЭД) i был сильным в регионе s , то когда сектор (ВЭД) j становится сильным в регионе k , сектор (ВЭД) i в регионе s останется сильным.

Если сектор (ВЭД) i не был сильным в регионе s , то $RCA_{si} < 1$. Чтобы после увеличения объема производства сектора (ВЭД) j в регионе k на величину $\alpha_{kj} y_{kj}$ сектор (ВЭД) i стал сильным в регионе s , должно выполняться неравенство

$$y_{si}(\sum_k y_{kj} + \alpha_{kj} y_{kj}) / \left[\sum_j y_{sj} \sum_k y_{ki} \right] \geq 1.$$

Отсюда получаем условие

$$\alpha_{kj} \geq (1 - RCA_{si}) / (RCA_{si} \mu_{kj}). \quad (7)$$

Если значение правой части неравенства (4) больше значения правой части неравенства (7), то когда сектор (ВЭД) j станет сильным в регионе k , сектор (ВЭД) i будет сильным в регионе s .

Представляет интерес вопрос о том, как изменяются ОЭС сложности регионов при появлении в одном из них нового сильного сектора (ВЭД). Этот вопрос рассмотрен в работе (Афанасьев, Гусев, 2022) в предположении, что появление нового сильного сектора (ВЭД) не приводит к другим изменениям в структуре сильных секторов (ВЭД) региональных экономик. На основе анализа соотношений (2) показано, что изменение ОЭС региона при появлении в нем нового сильного сектора (ВЭД), в основном, зависит от разности ОЭС этого сектора (ВЭД) и средней ОЭС всех уже имеющихся сильных секторов (ВЭД) в регионе. Иными словами, чем выше экономическая сложность сектора (ВЭД), тем выше ОЭС региона, в котором этот сектор (ВЭД) становится сильным. Изменения ОЭС других регионов также возможны, так как меняются оценки сложности секторов (ВЭД), но они незначительны. С учетом соотношений (4)–(7) можно сделать важное уточнение. 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 также могут повлиять на оценки экономической сложности регионов.

ТРАЕКТОРИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ РЕГИОНОВ

Для того чтобы ОЭС можно было рассматривать в качестве ориентира для выбора направлений диверсификации региональной экономики, нужно, чтобы траектории изменения этих оценок правильно отражали действия региона, направленные на развитие в нем новых сильных секторов (ВЭД). Для этого развитие новых сильных секторов (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 (ВЭД).

Рассмотрим траектории ОЭС регионов, построенные на основе ситуационной модели (Клыков, 1974; Поспелов, 1986) 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. В каждом из приведенных примеров представлены траектории для двух или трех из пяти областей Центрального федерального округа: Белгородской, Владимирской, Воронежской, Ивановской, Курской. Белгородская область выбрана потому, что для нее ранее была проведена апробация подхода к оценке приоритетных направлений диверсификации, представленного в работе (Афанасьев, Ильин, 2022). Экономик этих регионов близки территориально, по масштабу и по уровню диверсификации (от 24 до 37 сильных секторов). Кроме того, они имеют близкие оценки экономической сложности. Как показали предварительные расчеты, именно для таких регионов возможность сравнительного анализа траекторий экономической сложности представляет наибольший интерес, так как эти траектории могут быть взаимосвязаны.

Моделируются ситуации, когда один или более регионов целенаправленно диверсифицируют структуру сильных секторов (ВЭД) 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 для каждого региона, целенаправленно диверсифицирующего экономику, такой сектор (ВЭД) выявляется путем перебора возможных вариантов. Другие регионы целенаправленно не занимаются диверсификацией. Траектории их ОЭС приводятся для сравнения. Точка на траектории ОЭС любого региона соответствует очередному шагу диверсификации.

Приведем результаты моделирования нескольких ситуаций.

На рис. 1 представлены траектории ОЭС трех регионов по данным о секторах. Рассматривается ситуация, когда два региона — Курская и Владимирская области — целенаправленно диверсифицируют 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 влияет на структуру сильных секторов других региональных экономик.* На начальном этапе моделирования в Курской области 22 сильных сектора, во Владимирской — 37; ОЭС этих регионов близки. Белгородская область целенаправленно не диверсифицирует экономики. На начальном этапе оценки ее экономической сложности выше, чем двух других регионов. На первом шаге моделирования для выбора нового сильного сектора Курской или Владимирской областей проводится перебор всех секторов, не являющихся сильными. За исключением нескольких секторов добывающей промышленности, развитие которых до уровня сильных невозможно ввиду отсутствия в этих регионах полезных ископаемых. 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. Структура сильных секторов этого региона остается неизменной. На заключительном шаге ОЭС Курской области превосходит оценку Белгородской области. Разница между оценками Владимирской и Белгородской областей

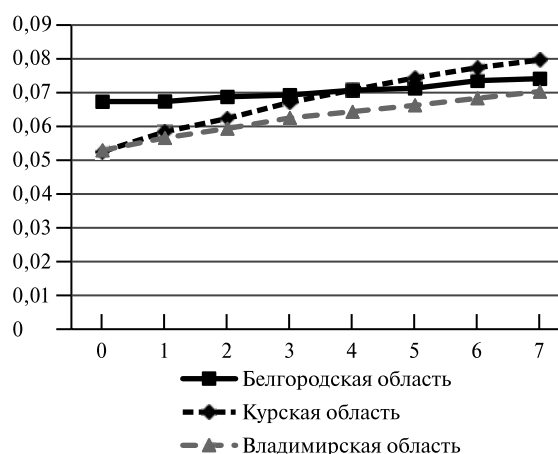


Рис. 1. Траектории ОЭС по данным о секторах без учета роста объема производства

Источник: авторская разработка программы на языке Python.

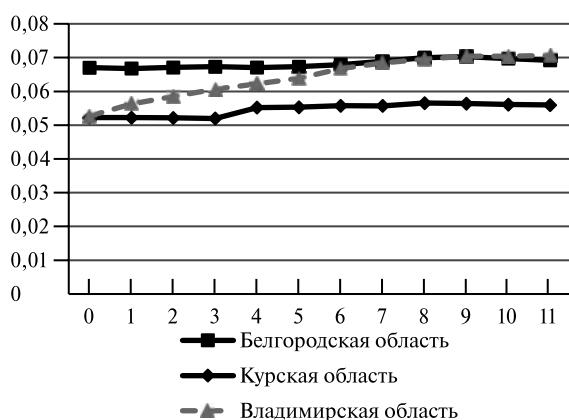


Рис. 2. Траектории ОЭС по данным о секторах с учетом роста объема производства: один регион целенаправленно диверсифицирует экономику

Источник: авторская разработка программы на языке Python.



Рис. 3. Траектории ОЭС по данным о секторах с учетом роста объема производства: два региона целенаправленно диверсифицируют экономику

Источник: авторская разработка программы на языке Python.

сокращается. Траектории ОЭС двух регионов, целенаправленно диверсифицирующих экономику, являются гладкими, так как проявление на каждом шаге нового сильного сектора не приводит к другим изменениям в структуре их экономик.

На рис. 2 представлены траектории ОЭС трех регионов также 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 экономики. *Появление нового сильного сектора во Владимирской области моделируется с учетом роста объема производства этого сектора до уровня, определяемого условием (4).* 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 ОЭС Белгородской и Курской областей. Оценки Белгородской области мало меняются вследствие изменения ОЭС секторов. На шаге 4 ОЭС Курской области значительно увеличивается вследствие появления в ее структуре нового сильного сектора, вызванного диверсификацией экономики Владимирской области в соответствии с условием (7). На каждом шаге появление нового сильного сектора во Владимирской области не приводит к другим изменениям в структуре ее сильных секторов. Поэтому траектория ОЭС этого региона является гладкой.

На рис. 3 представлены траектории ОЭС сложности трех 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 до уровня, определяемого условием (4).* На начальном этапе ОЭС этих регионов ниже, чем ОЭС Белгородской области, которая целенаправленно не диверсифицирует экономики. На 14 шагах моделирования ОЭС Белгородской области меняются незначительно. На заключительном шаге ОЭС Белгородской области значительно ниже, чем ОЭС Курской и Владимирской областей. На траектории ОЭС каждого региона влияют изменения в структурах сильных секторов других регионов, происходящие в соответствии с условиями (5)–(7). Траектории ОЭС не являются гладкими, так как на некоторых шагах моделирования появление нового сильного сектора в Курской или Владимирской областях влияет на структуру сильных секторов других регионов. Например, на шаге 7 появление нового сильного сектора во Владимирской области приводит к появлению нового сильного сектора в Белгородской области (в соответствии с условием (7)) и росту ее ОЭС. На шаге 9 появление нового сильного сектора во Владимирской области приводит к тому, что один из секторов перестает быть сильным в соответствии с условием (5) и ОЭС региона не возрастает.

На рис. 4 Курская область целенаправленно диверсифицирует экономику, развивая ВЭД до уровня сильных. На начальном этапе моделирования в Курской области 10 сильных ВЭД. Белгородская область целенаправленно не диверсифицирует экономики. *Появление нового сильного ВЭД моделируется на основе роста объема производства этого ВЭД до уровня, определяемого условием (4).* ОЭС Курской области возрастают относительно ОЭС Белгородской области. ОЭС Белгородской области мало меняются вследствие изменения ОЭС ВЭД.

В следующем примере формирование траектории развития структуры региональной экономики основано на выборе такого сектора в регионе для развития до уровня сильного, который имеет самую высокую оценку экономической сложности.

На рис. 5 представлены траектории экономической сложности трех 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. Для того чтобы сектор стал сильным, моделируется рост объема его производства в регионе в соответствии с условием (4).* Владимирская и Воронежская области целенаправленно не диверсифицируют экономики.

На рис. 5 траектория ОЭС Ивановской области на шаге 1 не растет, а снижается. Это происходит, потому что при появлении нового сильного сектора с самой высокой ОЭС два сектора перестают быть сильными в экономике этого региона, так как для каждого из них выполняется условие (5). Однако на последующих шагах траектория ОЭС растет и существенно превосходит траектории ОЭС регионов, которые не занимаются целенаправленной диверсификацией своей экономики. ОЭС других регионов меняются незначительно.

В отличие от траектории на рис. 5 траектория ОЭС Ивановской области на рис. 6 формируется на каждом шаге как результат появления нового сильного сектора, который обеспечивает

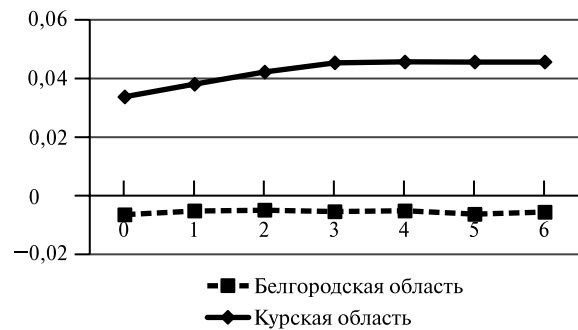


Рис. 4. Траектории ОЭС регионов по данным о ВЭД с учетом роста объема производства

Источник: авторская разработка программы на языке Python.

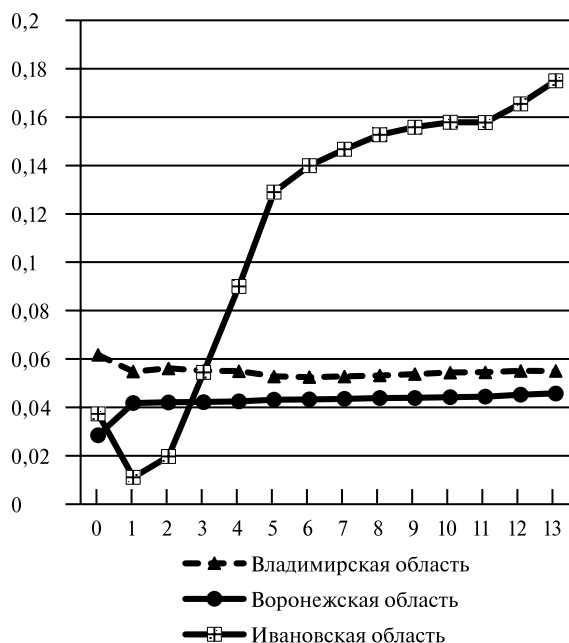


Рис. 5. Траектории по данным о секторах: на каждом шаге новый сильный сектор имеет самую высокую ОЭС

Источник: авторская разработка программы на языке Python

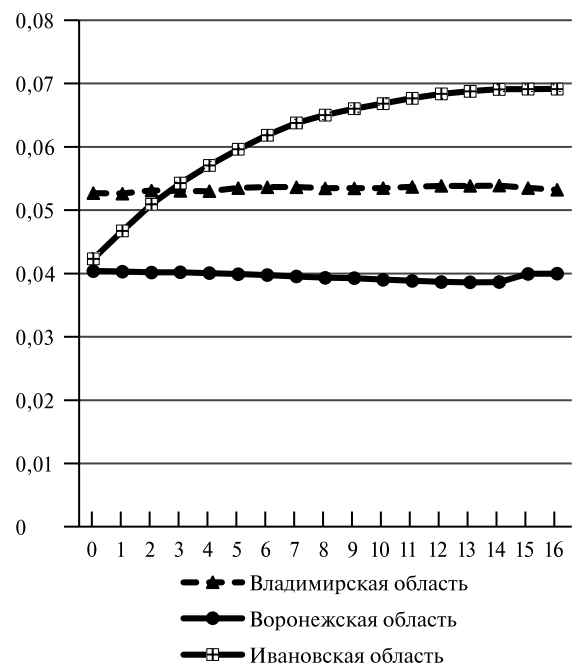


Рис. 6. Траектории по данным о секторах: максимальный рост ОЭС Ивановской области на каждом шаге

Источник: авторская разработка программы на языке Python.

максимальный рост оценки экономической сложности региона. Владимирская и Воронежская области целенаправленно не диверсифицируют экономики. Подход к выбору направлений диверсификации, основанный на выборе сектора (ВЭД), который обеспечивает максимальный рост экономической сложности региона, приводит к устойчивому умеренному росту ОЭС региона. Подход, основанный на выборе сектора (ВЭД) с самой высокой оценкой экономической сложности, может приводить к более высоким ОЭС региона.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОЭС РЕГИОНОВ

Как показано в работе (Афанасьев, Гусев, 2023), коэффициент корреляции оценок экономической сложности 79 регионов по 82 секторам и по 24 ВЭД, по данным за 2019 г., равен 0,771. Процедура подготовки исходной информации для расчета ОЭС регионов по ВЭД проще, чем по секторам. Поэтому определенный интерес представляет возможность эконометрического моделирования ОЭС по секторам с использованием ОЭС по ВЭД и главных компонент структуры объемов производства по ВЭД. Эти главные компоненты рассчитаны по аналогии с тем, как построены главные компоненты отраслевой структуры ВРП в (Айвазян, Афанасьев, Кудров, 2016). При этом использовались 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 ($g1$, $g2$, $g3$). Общая доля дисперсии, объясняемая первой и второй 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, связанные 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

Показатель	$g1$	$g2$
$F1$	0,7578	0,6394
$F2$	0,6569	−0,7453
$F3$	−0,9837	−0,0057

Источник: расчеты авторов.

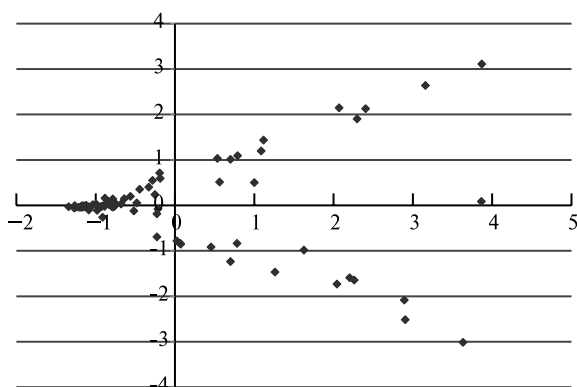


Рис. 7. Регионы в пространстве двух первых главных компонент структуры ВРП по ВЭД

Источник: расчеты авторов.

На рис. 7 показано 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

Таблица 2. Коэффициенты регрессии ECI_k^s

Объясняющая переменная	Коэффициент	Значение вероятности больше t
ECI_k	0,6769	0
$g1$	-0,1519	0,034
$g2$	0,3002	0
Константа регрессии	-0,0314	0,527

Источник: расчеты авторов.

и с близкими к нулю координатами по второй главной компоненте точки соответствуют регионам, не специализирующимся 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).

В табл. 2 приведены оценки по данным 2019 г. регрессии ОЭС регионов по секторам ECI_k^s на три объясняющие переменные: ОЭС регионов по ВЭД ECI_k , первая и вторая главные компоненты структуры экономики по ВЭД. Все объясняющие переменные значимы на уровне 5%. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,737$ указывает, что корреляция фактических и ожидаемых значений экономической сложности регионов по секторам превышает 0,85.

Полученные результаты подтверждают возможность построения модели для прогнозирования ECI_k^s регионов по секторам экономики с использованием ECI_k регионов по ВЭД и главных компонент структуры экономики по ВЭД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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.

Результаты ситуационного моделирования, полученные с использованием этих подходов, позволяют сделать вывод, что развитие новых сильных секторов (ВЭД) в регионе, ориентированное на повышение его экономической сложности, сопровождается относительным повышением ОЭС этого региона по сравнению с ОЭС регионов, не ориентированных на целенаправленную диверсификацию экономики. Преимущество первого подхода в том, что он формирует развитие траектории ОЭС региона, на которое изменение структуры сильных секторов (ВЭД) этого региона влияет меньше, чем изменение структуры сильных секторов (ВЭД) других регионов. В результате наблюдается устойчивый умеренный рост ОЭС региона. Преимущество второго подхода состоит в том, что в долгосрочном периоде он обеспечивает возможность достижения более высоких ОЭС. Недостаток подхода состоит в том, что в краткосрочном периоде на ОЭС региона может существенно отрицательно повлиять изменение 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.

Оценки экономической сложности сохраняют высокую устойчивость при переходе от данных по секторам к данным по ВЭД. Представлены оценки регрессии индекса экономической сложности регионов по секторам экономики на три объясняющие переменные: индекс экономической сложности регионов по ВЭД, первая и вторая главные компоненты структуры экономики по ВЭД. Все объясняющие переменные значимы на уровне 5%. Корреляция фактических и ожидаемых значений оценок экономической сложности регионов по секторам превышает 0,85. Полученные результаты подтверждают возможность построения модели для прогнозирования ОЭС регионов по секторам с использованием ОЭС регионов по ВЭД и главных компонент структуры экономики по ВЭД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. (2016). Метод кластеризации регионов РФ с учетом отраслевой структуры ВРП // *Прикладная эконометрика*. № 1 (41). С. 24–46. [Aivazian S.A., Afanasiev M.Yu., Kudrov A.V. (2016). Method of clustering regions of the Russian Federation taking into account the sectorial structure of GRP. *Applied Econometrics*, 1 (41), 24–46 (in Russian).]
- Афанасьев М.Ю. (2022). Новые ориентиры цифровой экономики: о взаимосвязи экономической сложности и материального благосостояния // *Вестник ЦЭМИ РАН*. Т. 5. Вып 1. DOI: 10.33276/S265838870019868-7 [Afanasiev M.Yu. (2022). New guidelines for the digital economy: On the relationship between economic complexity and material well-being. *Vestnik CEMI*, 5, 1. DOI: 10.33276/S265838870019868-7 (in Russian).]
- Афанасьев М.Ю., Гусев А.А. (2022). Аппроксимация оценок экономической сложности при выборе приоритетных направлений диверсификации // *Цифровая экономика*. № 1 (17). С. 52–59. DOI: 10.34706/DE-2022-01-05 [Afanasiev M.Yu., Gusev A.A. (2022). Approximation of estimates of economic complexity in the selection of priority areas of diversification. *Digital Economy*, 1 (17), 52–59. DOI: 10.34706/DE-2022-01-05 (in Russian).]
- Афанасьев М.Ю., Гусев А.А. (2023). Экономическая сложность и ее взаимосвязь с индикаторами социально-экономического развития // *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. № 2 (74). Номер статьи: 7410. Режим доступа: <https://eee-region.ru/article/7410/> [Afanasiev M.Yu., Gusev A.A. (2023). Economic complexity and its relationship with indicators of socio-economic development. *Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal*, 2 (74), 7410. Available at: <https://eee-region.ru/article/7410/> (in Russian).]
- Афанасьев М.Ю., Ильин Н.И. (2022). Новые ориентиры для выбора приоритетных направлений диверсификации экономики на базе системы ситуационных центров // *Экономика и математические методы*. Том 58. № 4. С. 29–44. DOI: 10.31857/S042473880023017-7 [Afanasiev M.Yu., Ilin N.I. (2022). New guidelines for choosing priority areas for diversifying the economy based on a system of situational centers. *Economics and Mathematical Methods*, 58, 4, 29–44. DOI: 10.31857/S042473880023017-7 (in Russian).]
- Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. (2021). Экономическая сложность и вложенность структур региональных экономик // *Экономика и математические методы*. Т. 57. № 3. С. 67–78. DOI: 10.31857/S042473880016410-0 [Afanasiev M.Yu., Kudrov A.V. (2022). Economic complexity and nesting of structures of regional economies. *Economics and Mathematical Methods*, 57 (3), 67–78. DOI: 10.31857/S042473880016410-0 (in Russian).]
- Волошенко Е.В., Волошенко К.Ю. (2018). Оценка и измерение экономической безопасности приграничных регионов России: теория и практика // *Балтийский регион*. Т. 10, № 3. С. 96–118. [Voloshenko E.V., Voloshenko K.Yu. (2018). Assessment and measurement of economic security of border regions of Russia: Theory and practice. *Baltic Region*, 10, 3, 96–118. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-3-6 (in Russian).]
- Волошенко К.Ю. (2021). Экономическая безопасность в границах экономической сложности // *Регионоведение*. Т. 29. № 2 (115). С. 401–426. DOI: 10.15507/2413-1407.115.029.202102.401-426 [Voloshenko K.Yu. (2021). Economic security within the boundaries of economic complexity. *Russian Journal of Regional Studies*, 29, 2 (115), 401–426. DOI: 10.15507/2413-1407.115.029.202102.401-426 (in Russian).]
- Кадочников С.М., Федюнина А.А. (2013). Динамика экспортной диверсификации в условиях экономического роста: эмпирический анализ для российских регионов 2003–2010 гг. // *Вестник Уральского федерального университета. Серия: экономика и управление*. № 5. С. 73–89. [Kadochnikov S.M., Fedyunina A.A. (2013). Dynamics of export diversification in the context of economic growth: Empirical analysis for Russian regions in 2003–2010. *Journal of Applied Economic Research*, 5, 73–89 (in Russian).]
- Караев А.К. (2022). Экономическая сложность и выбор направления диверсификации региональной экономики России // *Финансовая жизнь*. № 3. С. 69–71. [Karaev A.K. (2022). Economic complexity and choice of the direction of diversification of the regional economy of Russia. *Financial Life*, 3, 69–71 (in Russian).]
- Клыков Ю.И. (1974). Ситуационное управление большими системами. М.: Энергия. [Klykov Yu.I. (1974). *Situational management of large systems*. Moscow: Energiya (in Russian).]
- Коцопана Т.В., Стажкова П.С. (2011). Сравнительный анализ применения показателей концентрации на примере банковского сектора РФ // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. № 4. С. 30–40. [Kotsofana T.V., Stazhkova P.S. (2011). Comparative analysis of the application of concentration indicators on the example of the banking sector of the Russian Federation. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 4, 30–40 (in Russian).]
- Кравченко Н.А., Агеева С.Д. (2017). Диверсификация экономики: институциональные аспекты // *Журнал институциональных исследований*. № 4. С. 52–67. [Kravchenko N.A., Ageeva S.D. (2017). Diversification of the economy: Institutional aspects. *Journal of Institution Studies*, 4, 52–67 (in Russian).]
- Любимов И.Л., Гвоздева М.А., Казакова М.В., Нестерова К.В. (2017). Сложность экономики и возможность диверсификации экспорта в российских регионах // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 2 (34). С. 94–123. DOI: 10.31737/2221-2264-2017-34-2-4 [Lyubimov I.L., Gvozdeva M.A., Kazakova M.V.,

- Nesterova K.V. (2017). Complexity of the economy and the possibility of diversification of exports in Russian regions. *Journal of the New Economic Association*, 2 (34), 94–123. DOI: 10.31737/2221-2264-2017-34-2-4 (in Russian).]
- Половян А.В., Синицына К.И. (2020). Экономическая сложность как инструмент определения стратегических направлений развития экономики // *Новое в экономической кибернетике*. № 1. С. 123–140. [Polovyan A.V., Sinitsyna K.I. (2020). Economic complexity as a tool for determining strategic directions of economic development. *New in Economic Cybernetics*, 1, 123–140 (in Russian).]
- Поспелов Д.А. (1986). Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука. [Pospelov D.A. (1986). *Situational management: Theory and practice*. Moscow: Nauka (in Russian).]
- Руус Й., Волошенко К.Ю., Дрок Т.Е., Фарафонова Ю.Ю. (2020). Анализ экономической сложности Калининградской области — выбор отраслевых приоритетов в новой парадигме создания ценности // *Балтийский регион*. Т. 12. № 1. С. 156–180. [Ruus J., Voloshenko K.Yu., Drok T.E., Farafonova Yu.Yu. (2020). Analysis of the economic complexity of the Kaliningrad region — the choice of industry priorities in a new paradigm of value creation. *Baltic Region*, 12, 1, 156–180 (in Russian).]
- Antonis A., Antonios G., Athanasios L. (2019). Economic complexity and jobs: An empirical analysis. *MPRA*. Working Paper no. 92401. Germany: University Library of Munich. 27 p.
- Balassa B. (1965). Lafayrade liberalization and “revealed” comparative advantage. *The Manchester School*, 33, 99–123.
- Farra F., Klos N., Schober U., Sigalova O., Zhukov A. (2013). Improving regional performance in Russia: A capability-based approach. *European Bank for Reconstruction and Development*. Working Paper no. 155. 46 p.
- Hartmann D. (2017). Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World Development*, 93, 75–93.
- Hartmann D. (2019). *International trade, development traps, and the core-periphery structure of income inequality*. Stuttgart: University of Hohenheim. 37 p.
- Hausmann R., Hwang J., Rodrik D. (2006). What you export matters. *Journal of Economic Growth*, 12 (1), 1–25.
- Hausmann R., Klinger B. (2006). Structural transformation and patterns of comparative advantage in the product space. *CID Working Paper no. 128*.
- Hausmann R., Rodrik D. (2003). Economic development as selfdiscovery. *Journal of Development Economics*, 72 (2), 603–633.
- Hidalgo C.A. (2018). *The principle of relatedness. Unifying themes in complex systems IX. ICCS*. Springer Proceedings in Complexity. Springer, Cham. P. 451–457.
- Hidalgo C.A., Hausmann R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (26), 10570–10575.
- Morais M.B., Swart J., Jordaan J.A. (2021). Economic complexity and inequality: Does regional productive structure affect income inequality in Brazilian states? *Sustainability*, 13, 2, 1006. DOI: 10.3390/su13021006
- Reynolds C.A. (2018). Sub-national economic complexity analysis of Australia’s states and territories. *Regional Studies*, 52 (5), 715–726.
- Roos G. (2017). What will happen to the jobs? Technology enabled productivity improvement — good for some, bad for others. *Labour & Industry: A Journal of the Social and Economic Relations of Work*, 27 (3), 165–192.
- Roos G., Shroff Z., Gamble H. et al. (2018). *Smart specialisation — insights for a future industry policy. Economic Development Board of South Australia — Main Report*. Government of South Australia. Adelaide, South Australia. 68 p.
- Sciarrra C., Chiarotti G., Ridolfi L. et al. (2020). Reconciling contrasting views on economic complexity. *Nature Communications*, 11, 3352. DOI: 10.1038/s41467-020-16992-1

Situational modeling of trajectories of regions' economic complexity

© 2023 M.Yu. Afanasiev, A.A. Gusev

M.Yu. Afanasiev,

*Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences (CEMI RAS) Moscow, Russia;
e-mail: mi.afan@yandex.ru*

A.A. Gusev,

*Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences (CEMI RAS), Moscow, Russia;
e-mail: gusevalexeval@yandex.ru*

Received 10.07.2023

Abstract. An increase in the economic complexity of the region can contribute to an increase in the level of material well-being of the population. Therefore, the growth of the economic complexity of the structure of the regional economy should be considered as one of the criteria for evaluating solutions that contribute to diversification. An increase in the output of one sector in a region may lead to a change in the structure of strong sectors of its economy and the assessment of its economic complexity. It is important to take into account that the structures of strong sectors in other regions may change at the same time. The paper presents the conditions under which such changes happen. Using these results, a comparative analysis of the trajectories of assessments of the regions economic complexity based on two approaches was carried out: the choice of a sector or type of economic activity in the region for development to a strong level that ensures maximum growth of the region's economic complexity; the choice of a sector or type of economic activity that has the highest assessment of economic complexity. The trajectories of assessments of the regions economic complexity, constructed in two different ways, should be considered as alternatives for comparison with the trajectories obtained on the basis of expert choice of the direction of diversification. The results of regression analysis are presented, indicating the possibility of forecasting the index of the regions economic complexity by sectors using the index of the regions economic complexity by types of economic activity, the first and second main components of the structure of the economy by types of economic activity.

Keywords: regional economy, economic complexity, situational modeling.

JEL Classification: C53, D51.

For reference: **Afanasiev M.Yu., Gusev A.A.** (2023). Situational modeling of trajectories of regions' economic complexity. *Economics and Mathematical Methods*, 59, 4, 58–70. DOI: 10.31857/S042473880028217-7 (in Russian).