

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ВАЛОВЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ: РЕГИОНЫ РОССИИ

Кудров А.В.

*Индекс экономической сложности определяет основу современной теории экономической сложности и отражает уровень знаний, заложенных в производственной структуре экономики. В исследовании изучается непосредственное влияние экономической сложности на ВРП. Поскольку вместе с экономической сложностью рассматриваются также основные факторы производственной функции ВРП в ее обобщенном представлении, это позволяет изолировать влияние индекса экономической сложности от других явлений. Анализ показывает, что прямая связь между экономической сложностью и ВРП носит пороговый характер, причем эффект непосредственной связи проявляется только при достаточно больших значениях экономической сложности. Кроме того, в работе показано отсутствие непосредственной связи между индексом экономической сложности и уровнем развития обрабатывающих отраслей. Однако, обнаруживается непосредственная связь с индексом добывающей промышленности: чем выше концентрация добывающей промышленности в структуре экономики, тем ниже уровень экономической сложности. Получено уточнение обобщенной производственной функции ВРП, в которой пороговый эффект влияния экономической сложности проявился в качестве фактора функциональной зависимости, описывающей эластичность труда: высокий уровень экономической сложности обеспечивает большую производительность труда. В целом, результаты исследования зависимости ВРП от экономической сложности позволяют прийти к выводу, что повышение экономической сложности может быть эффективным способом стимулирования экономического роста и развития, но только начиная с определенного порогового уровня. Значения экономической сложности ниже этого порогового уровня никак не влияют на ВРП.*

doi: 10.20537/mce2023econ04

**Введение.** Сравнительно давно экономисты пришли к общему мнению, что способность страны создавать и распределять доход зависит от ее производственной структуры, что обсуждалось в таких работах, как [1–3]. В работе [4] представлено исследование конвергенции уровней

производительности между штатами США и обнаружено, что более высокие уровни производительности связаны с более разнообразной и сложной производственной структурой.

Однако количественное измерение производственной структуры экономики страны сопряжено со значительными трудностями. Были предприняты попытки использовать различные подходы, такие как индекс концентрации, который измеряет долю сельского хозяйства, промышленного производства или услуг в экономике, а также агрегированные показатели разнообразия и концентрации [5]. Другие подходы оценивают диверсификацию путем разделения секторов на связанные и несвязанные [6–9]. Однако эти методы имеют свои ограничения, включая возможность некоторого перекоса, поскольку крупные страны или регионы, как правило, более диверсифицированы. Кроме того, они не учитывают взаимосвязи между различными видами экономической деятельности, сложность и развитость производственной деятельности.

Указанные недостатки разрешаются путем рассмотрения выявленных сравнительных преимуществ и построения индекса экономической сложности, см. [10, 11]. Индекс экономической сложности позволяет получать оценки сложности структур экономики, учитывающие одновременно разнообразие и уникальность секторов, что позволяет отразить как широту, так и глубину структуры экономики.

Одним из важнейших аспектов экономической сложности является отраслевая сетевая структура, которая измеряет степень взаимосвязанности различных секторов экономики через производственные процессы. Считается, что такая взаимосвязь способствует передаче знаний, технологий и других ресурсов между секторами и поддерживает экономический рост. Большие значения показателя экономической сложности говорят о том, что в структуре экономики преобладают взаимосвязанные сектора. Например, отрасли с длительным производственным циклом, такие как электроника и машиностроение, требуют более высокого уровня координации и знаний и поэтому имеют высокий уровень экономической сложности. Напротив, экономические структуры, в которых преобладают сырьевые и сельскохозяйственные сектора, имеют низкие значения экономической сложности.

В работе [12] представлены расчеты индекса экономической сложности для стран и показано, как его можно использовать для прогнозирования экономического роста и определения потенциальных направлений для диверсификации и развития экономик стран.

Взаимосвязь между экономической сложностью и валовым внутренним продуктом (ВВП) представляет большой интерес для экономистов, поскольку ВВП является общепринятым показателем регионального производства и экономического развития.

Авторы работы [11] показали, что страны с более сложной производственной структурой, как правило, имеют более высокие уровни экономического роста и более высокий ВВП на душу населения, которые, в свою очередь, связаны с более низким уровнем бедности и лучшим социальным благосостоянием [13]. Отсюда делается вывод, что политика развития должна быть направлена на создание условий, которые будут стимулировать рост экономической сложности (более подробное обсуждение, см. [12]).

В последние годы в статистических исследованиях индекс экономической сложности используется в качестве объясняющего фактора для экономического роста, уровня знаний, человеческого капитала, неравенства и других социально-экономических показателей, [12,14]. Однако связь между экономической сложностью и социально-экономическими показателями не всегда однозначна, и существуют другие факторы, которые могут влиять на эту связь. Как будет показано в этой работе часто предположение или выводы о наличии непосредственной связи ВРП с экономической сложностью является ошибочным, поскольку, как правило, не рассматриваются другие основные показатели экономики и науки.

В работе [15] была получена обобщенная производственная функция ВРП, в которой региональный выпуск зависит от числа занятых ( $L$ ), стоимости основных фондов ( $K$ ) со своими коэффициентами эластичности, которые задаются отраслевой структурой ВРП, и числом исследователей ( $P$ ) (выделяется как дополнительный фактор производства с постоянным коэффициентом эластичности). Эти факторы производственной функции будут рассмотрены в качестве основных характеристик экономики.

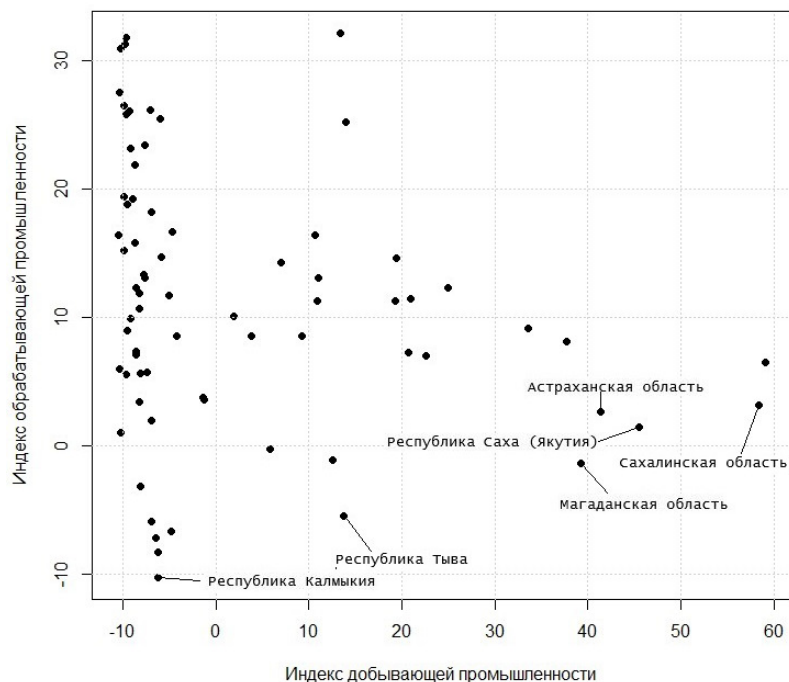
Цель данной работы — проверить две гипотезы, используя данные по регионам Российской Федерации. Во-первых, мы изучим, существует ли непосредственная связь между индексом экономической сложности и ВРП. Во-вторых, мы изучим, существует ли непосредственная связь между сложностью экономики и факторами обобщенной производственной функции. Для этого будет использована методология нахождения непосредственных связей и тестирования семейства гипотез, см. [15, 16].

**Данные.** Рассмотрим ВРП и основные факторы обобщенной производственной функции ВРП из работы [15], по данным Росстата: валовый региональный продукт; стоимость основных фондов; численность занятых; индексы добывающей ( $s_1$ ) и обрабатывающей ( $s_2$ ) промышленности; численность исследователей.

Поясним подробнее про индексы добывающей ( $s_1$ ) и обрабатывающей промышленности ( $s_2$ ) промышленности, характеризующие отраслевые особенности региона. Эти индексы были построены по данным отраслевой структуры ВРП с использованием компонентного анализа с вращением и отражают отраслевую специализацию рассмотренных регионов. Данные отраслевой структуры ВРП включали основные 6 отраслей, которые определяют характер экономики регионов РФ: сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство; добыча полезных ископаемых; обрабатывающие производства; торговля оптовая и розничная; деятельность по операциям с недвижимым имуществом; государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение.

Далее, эти показатели были выражены через два фактора методом главных компонент с вращением, см. рис. 1, на которые приходится более 80% объясненной дисперсии по данным на 2019 г. Для других близких лет наблюдаются весьма похожие результаты, что свидетельствует о весьма медленном изменении структуры регионального ВРП.

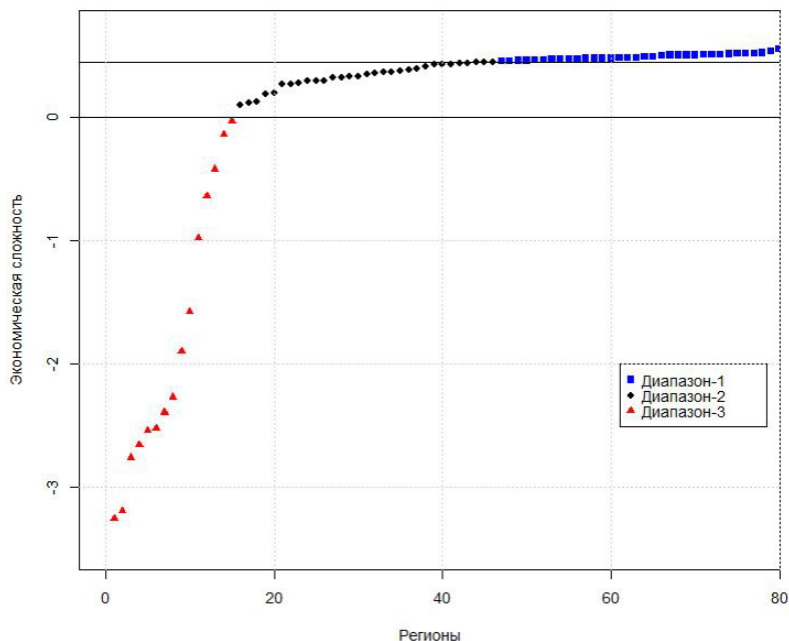
Вместе с этим были рассмотрены данные о налоговых поступлениях по секторам экономики по 82 секторам экономики субъектов РФ [17], которые отражают объемы производства каждого сектора экономики для экспорта и для внутреннего потребления. По этим данным за 2019–2020 гг. был построен индекс экономической сложности, см. [18]. На рис. 2 показаны полученные оценки индекса экономической сложности. Отметим, что индекс экономической сложности, по сути, эквивалентен обобщенному собственному вектору матрицы «регион – регион», элементы которой характеризуют вложенность структур экономик.



**Рис. 1.** Распределение регионов России в пространстве факторов отраслевой ориентации.

Область значений экономической сложности можно условно разделить на диапазоны, внутри которых локально точки хорошо аппроксимируются линейными зависимостями от рангов:

- **Диапазон 1:** регионы с преобладанием в структуре экономики уникальных секторов. Как правило, эти регионы характеризуются специализацией в добывающей промышленности. Для них среднее значение индекса добывающей промышленности (+13.64). Достаточно высокое среднее значение индекса обрабатывающей промышленности (+11.05) свидетельствует о наличии регионов со структурой смешанного типа, где также достаточно представлены сектора обрабатывающей промышленности (среди таких регионов следует).



**Рис. 2.** Оценки экономической сложности по регионам РФ (упорядоченные по возрастанию; по данным 2020 г.).

• **Диапазон 2:** регионы со слабо диверсифицированной структурой сильных секторов и неуникальными секторами. В число этих регионов входят регионы с формирующейся экономикой. Среднее значение индекса добывающей промышленности (+7.16), среднее значение индекса обрабатывающей промышленности (+7.45).

• **Диапазон 3:** регионы с сильно диверсифицированными структурами сильных секторов и наличием длинных цепочек добавленной стоимости. Сюда входят регионы, характеризующиеся наличием длинных цепочек добавленной стоимости и специализацией в обрабатывающей промышленности. Среднее значение индекса добывающей промышленности равно (-3.87) указывает на отсутствие добычи полезных ископаемых в большинстве этих регионов. Среднее значение индекса обрабатывающей промышленности равно (+17.68).

Отметим, что наименьший разброс значений экономической сложности наблюдается для точек из диапазона 1, а разброс точек из диапазона 3 — наибольший. Минимальное среднее значение индекса добывающей промышленности имеется для регионов с экономической сложностью из диапазона 1, а максимальное для диапазона 3.

**Методология исследования.** Для выявления влияния экономической сложности на ВРП применялась техника так называемого «причинного анализа» или анализа структуры *непосредственных связей*, см. [15]. Поясним это понятие. Если в совокупности случайных переменных  $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  условное распределение величины  $X_i$  от всех остальных определяется *только их частью*  $X_j, X_k, \dots, X_l$  (не вошедшие в условие могут принимать любые значения):

$$P(x_i | x_1, \dots, x_n) = P(x_i | x_j, x_k, \dots, x_l), \text{ для всех } x_1, \dots, x_n,$$

то переменные  $X_j, X_k, \dots, X_l$  называются *непосредственно связанными* с переменной  $X_i$ . В непрерывном случае частные корреляции  $X_i$  с непосредственно связанными (и только с ними!) не равны нулю, подробно см. [15].

После того как выявлены переменные, которые непосредственно связаны с ВРП (обозначим через  $Y_i$  — ВРП  $i$ -го региона,  $i = 1, \dots, N$ ), для него строится нелинейная регрессионная зависимость от этих переменных, имеющая вид:

$$Y_i = f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}^*) + \varepsilon_i, i = 1, \dots, N, \quad (2)$$

где  $f: \mathbb{R}^k \rightarrow \mathbb{R}$  нелинейная функция объясняющих и непосредственно связанных с  $Y_i$  объясняющих переменных  $\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^k$ ;  $\boldsymbol{\theta}^* \in \mathbb{R}^p$  — вектор неизвестных параметров;  $(\varepsilon_i)$  предполагаются н.о.р.с.в. (не обязательно нормально распределенными) с  $E(\varepsilon_i) = 0$  и  $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$ .

В предположении, что функция  $f(\cdot)$  известна, вектор параметров  $\boldsymbol{\theta}$  модели (2) оценивается как решение следующей задачи:

$$\hat{\boldsymbol{\theta}} = \underset{\boldsymbol{\theta}}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^N (y_i - f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}))^2. \quad (3)$$

Решение этой задачи находится численными методами с использованием алгоритма Левенберга-Марквардта, см. [19].

Согласно результатам, представленным в [19], при достаточно больших  $n$  и соответствующих предположениях о регулярности (таких как дважды непрерывно дифференцируемости  $f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta})$  относительно  $\boldsymbol{\theta}$ ), МНК-оценка  $\hat{\boldsymbol{\theta}}$  имеет асимптотически нормальное распределение:

$$\hat{\boldsymbol{\theta}} \sim N_p \left( \boldsymbol{\theta}^*, \sigma^2 \left[ (F(\boldsymbol{\theta}^*))^T F(\boldsymbol{\theta}^*) \right]^{-1} \right),$$

где

$$F(\boldsymbol{\theta}^*) = \left[ \left. \frac{\partial f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta})}{\partial \theta_j} \right|_{\boldsymbol{\theta}=\boldsymbol{\theta}^*} \right]_{i,j} \in \mathbb{R}^{N \times p}.$$

В рамках исследования требуются и оценки непараметрической регрессии. Были использованы оценки Надарайя-Ватсона, см. [19]:

$$f_{\lambda}(x) = \frac{\sum_{i=1}^N w_i Y_i}{\sum_{i=1}^N w_i}, \quad (4)$$

где  $w_j = K\left(\frac{x-X_j}{\lambda}\right)$ ,  $K(t) = \frac{\exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)}{\sqrt{2\pi}}$ ;  $Y_i$  — ранги ВРП региона  $i$ ;  $X_i$  — ранги экономической сложности региона  $i$ . Отметим, что ширина окна  $\lambda$  оценивалась при помощи кросс-валидации:

$$\lambda_{opt} = \underset{\lambda}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^N \left(Y_i - f_{\lambda,(i)}(X_i)\right)^2,$$

где обозначение  $(j)$  означает, что точка  $j$  не учитывается при вычислении непараметрической оценки в точке  $X_i$ .

**Результаты исследований.** Проанализируем взаимные связи между экономической сложностью и указанными выше показателями науки, и экономики в регионах РФ. Для этого по данным за 2020 г. была оценена матрица частных корреляций и произведено последовательное тестирование гипотез об отсутствии непосредственных связей каждой переменной с экономической сложностью, см. табл. 1.

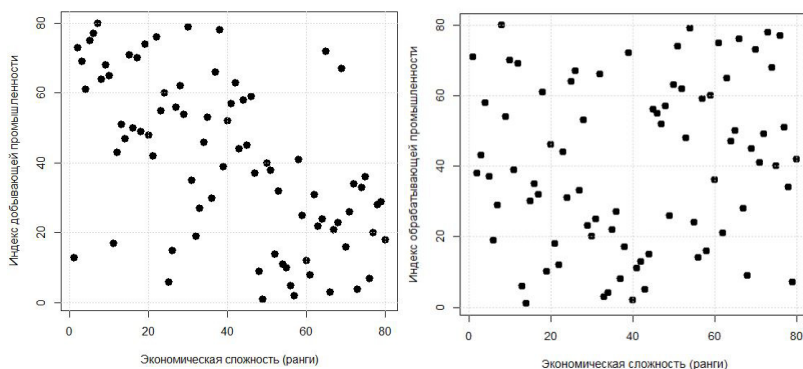
**Таблица 1.** Статистические оценки частных корреляций с экономической сложностью (для исходных переменных и их рангов). Результаты проверки семейства гипотез на равенство нулю частных корреляций.

	Частная корреляция с экономической сложностью	H0: частная корреляция с экономической сложностью равна нулю	Частная корреляция с экономической сложностью для рангов	H0: частная корреляция с экономической сложностью для рангов равна нулю
Основные фонды	0.16	1	0.20	1
Занятые	-0.30	0	-0.06	1
ВРП	-0.14	1	-0.24	0
Исследователи	0.03	1	-0.05	1
Индекс добывающей промышленности	-0.53	0	-0.61	0
Индекс обрабатывающей промышленности	-0.12	1	-0.01	1



В табл.1 (правая часть) представлены результаты проверки семейства гипотез о равенстве нулю частных корреляций, более детальное описание процедуры тестирования рассмотренных гипотез см. [15]. Единичами отмечены случаи отсутствия непосредственной связи экономической сложности с соответствующей переменной.

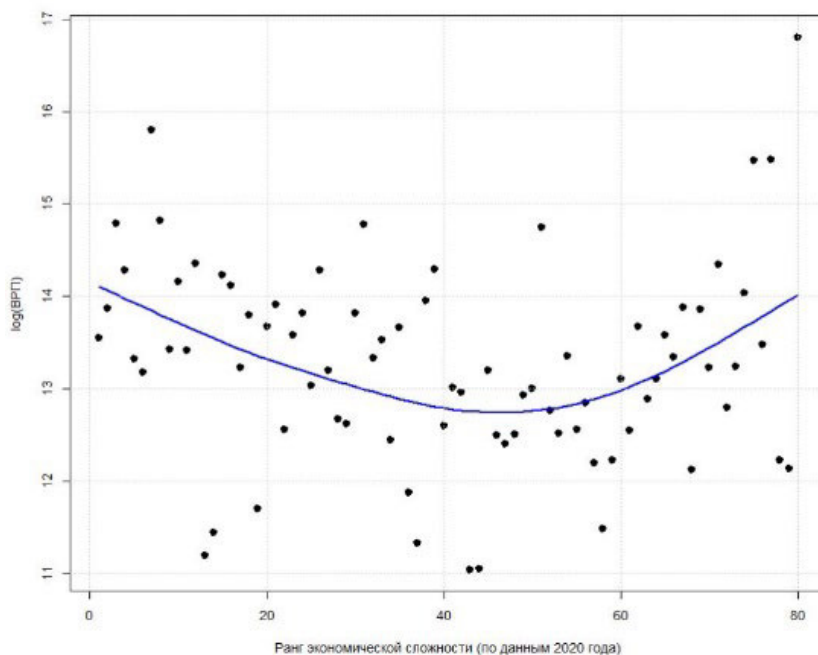
Как видно из табл. 1 экономическая сложность не связана с индексом обрабатывающей промышленности, но связана с индексом добывающей промышленности. На рис. 3 представлено визуальное подтверждение этому:



**Рис. 3.** Индексы добывающей (слева) и обрабатывающей промышленности (ранги) (справа) и экономическая сложность (ранги).

Среди всех рассмотренных переменных экономическая сложность имеет статистически значимую непосредственную связь с индексом добывающей промышленности. Только в случае частной корреляции для рангов имеется статистически значимая связь с ВРП (гипотеза принимается на уровне 5%). Однако, отрицательный знак указывает на то, что большая экономическая сложность характерна для экономик с малым ВРП. Это вызывает некоторое недоумение, поскольку неясно почему экономика регионов с хорошо развитыми цепочками добавленной стоимости должна иметь небольшие размеры.

Рассмотрим подробнее форму зависимости логарифма ВРП от рангов экономической сложности, см. рис. 4.



**Рис. 4.** ВРП и ранги экономической сложности; непараметрическая регрессия Надарайя-Ватсона.

Из рис. 4 видно, что в среднем соответствие между экономической сложностью и ВРП характеризуется кривой U-образной формы. Большие значения ВРП отвечают, главным образом, минимальными или максимальными значениями экономической сложности. Напомним, что как было указано выше, см. рис. 2, минимальные значения экономической сложности отвечают регионам с большой долей добывающей промышленности в структуре экономики, а максимальные значения соответствуют регионам с сильно диверсифицированными экономиками за счет наличия длинных цепочек добавленной стоимости. Таким образом, больший ВРП достигается в результате:

1. интенсификации сырьевой ориентации;
2. развития длинных цепочек добавленной стоимости.

В силу немонотонности соответствия между логарифмом ВРП и экономической сложностью, возьмем точку минимума непараметрической регрессии ( $th = 0.5$ ) в качестве порога для экономической сложности. Оценим пороговое влияние экономической сложности на ВРП:

$$\begin{aligned} \text{cor}(\text{ВРП}, \text{ECI} | \text{ECI} \geq 0.5, X_{-(\text{ВРП}, \text{ECI})}) &= 0.79, \\ \text{cor}(\text{ВРП}, \text{ECI} | \text{ECI} < 0.5, X_{-(\text{ВРП}, \text{ECI})}) &= -0.18, \end{aligned}$$

где  $X_{-(\text{ВРП}, \text{ECI})}$  — все рассматриваемые показатели науки и экономики за исключением ВРП и ЕСИ. Таким образом, только при значениях превышающих  $th = 0.5$  имеет место непосредственная связь ВРП и экономической сложности.

На основании выявленной пороговой непосредственной связи экономической сложности и ВРП было обобщено представление расширенной производственной функции для ВРП:

$$Y(t) = c \cdot K(t)^{\beta_1(t)} L(t)^{\beta_2(t)} P(t)^\gamma, \quad (1)$$

$$\text{где } \beta_1(t) = \frac{\mu_1 e^{(\mu_2 \cdot S_1(t) + \mu_3 \cdot S_2(t))}}{1 + \mu_1 e^{(\mu_2 \cdot S_1(t) + \mu_3 \cdot S_2(t))}}, \beta_2(t) = \frac{\lambda_1 e^{(\lambda_2 \cdot S_1(t) + \lambda_3 \cdot S_2(t) + \lambda_4 \cdot T_1(t))}}{1 + \lambda_1 e^{(\lambda_2 \cdot S_1(t) + \lambda_3 \cdot S_2(t) + \lambda_4 \cdot T_1(t))}},$$

$c, \gamma, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \mu_1, \mu_2, \mu_3$  — константы,  $Y(t)$  — валовый региональный продукт в момент времени  $t$ ;  $K(t)$  — стоимость основных фондов в момент времени  $t$ ;  $L(t)$  — численность занятых в момент времени  $t$ ;  $P(t)$  — численность исследователей в момент времени  $t$ ;  $T_1(t) = I(\text{ECI} \geq 0.5)\text{ECI}$  — усеченный слева индекс экономической сложности в момент времени  $t$ ;  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  — отраслевые индексы.

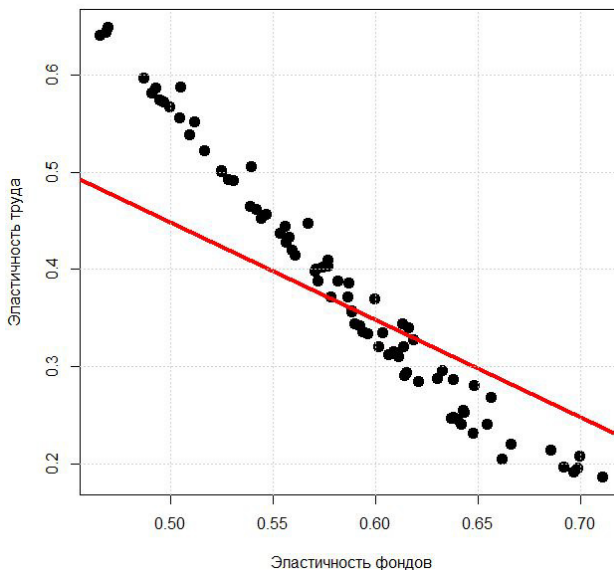
**Таблица 2.** Значения оценок параметров модели (1) и их статистическая значимость. Обозначения: \*\*\*-  $p$ -значение на уровне менее 0.001, \*\* -  $p$ -значение на уровне менее 0.01, \* -  $p$ -значение на уровне менее 0.05.

	Оценка	Ст. ошибка	t-значение	p-значение	
C	6.77	0.42	4.53	0.00	***
$\mu_1$	1.79	0.21	2.72	0.01	**
$\mu_2$ (индекс добывающей пр-ти; фонды)	0.01	0.00	3.53	0.00	***
$\mu_3$ (индекс обрабатывающей пр-ти; фонды)	-0.02	0.01	-3.68	0.00	***
$\lambda_1$	0.33	0.26	-4.35	0.00	***
$\lambda_2$ (индекс добывающей пр-ти; занятые)	-0.01	0.01	-1.96	0.05	*
$\lambda_3$ (индекс обрабатывающей пр-ти; занятые)	0.05	0.01	3.83	0.00	***
$\lambda_4$ (экономическая сложность)	3.34	1.16	2.89	0.01	**
$\gamma$ (исследователи)	0.05	0.02	2.81	0.01	**

Заметим, что найденное выражение для ВРП оценено с большей точностью, а именно  $R^2 = 0.982$ , что больше чем в работе [15].

Наличие статистически значимого положительного параметра  $\lambda_4$  при усеченной экономической сложности говорит о возможности эффекта «перелива» инноваций. Регионы с более сложной производственной структурой, как правило, имеют более широкую диверсификацию, что создает возможности для межотраслевого распространения знаний и технологий, что в свою очередь может привести к увеличению инноваций и росту производительности. Кроме того, регион, производящий разнообразную продукцию и имеющий взаимосвязанные производственные процессы, имеет больше возможностей для использования эффекта масштаба.

На рис. 5 показано, что возрастающая отдача от масштаба характерна для регионов с высокой эластичностью труда и низкой эластичностью капитала, что, в свою очередь, означает большую концентрацию обрабатывающей промышленности и большое значение экономической сложности в соответствующих регионах.



**Рис. 5.** Для каждого региона согласно модели (1) — эластичность основных фондов (ось  $x$ ) и эластичность труда (ось  $y$ ). Прямая:  $y + x + \gamma = 1$ .

Регионы с более разнообразными и сложными производственными структурами со специализацией в обрабатывающей промышленности имеют больше возможностей для получения выгоды от эффекта масштаба и реагирования на экономические изменения. А значит, такие регионы могут увеличить выпуск, что будет способствовать экономическому развитию. Как уже отмечалось ранее, регионы с более сложной экономической структурой, как правило, имеют более диверсифицированную экономику, что делает их более приспособленными к колебаниям цен на конкретные товары.

**Заключение.** Таким образом, выявлено влияние экономической сложности на ВРП, которое носит пороговый характер. При достаточно больших значениях экономической сложности, начиная с некоторого порогового значения, имеется непосредственная связь с ВРП. Для значений экономической сложности ниже этого порога непосредственная связь с ВРП отсутствует. Отсутствует также непосредственная связь экономической сложности и индекса обрабатывающей промышленности. Показано, что для значений экономической сложности ниже определенного порога имеется сильная непосредственная связь с индексом добывающей промышленности. Для экономической сложности выше этого порога непосредственная связь с индексом добывающей промышленности отсутствует. Экономическая сложность выше определенного порога является значимой объясняющей переменной производственной функции ВРП в обобщенном ее представлении и обеспечивает ее большую точность. Возрастающая отдача от масштаба проявляется только в регионах, где преобладают отрасли обрабатывающей промышленности и имеется достаточно высокий уровень экономической сложности.

В целом, результаты исследования взаимосвязи между ВВП и экономической сложностью подчеркивают важность учета экономической сложности в качестве объясняющей переменной производственной функции регионального ВРП в обобщенном ее виде. Стимулирование роста экономической сложности может быть эффективным способом содействия экономическому росту и развитию, но этот эффект проявляется только при достаточно высоком уровне экономической сложности. Увеличивая разнообразие и экономическую сложность своих производственных структур, регионы могут повысить производительность, конкурентоспособность и экономическую стабильность, что приведет к более высоким уровням ВРП и устойчивости экономического роста.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hirschman A. O.* The Strategy of Economic Development. New Haven: Yale Univ. Press, 1958.
2. *Rosenstein-Rodan P. N.* Problems of industrialization of eastern and southeastern Europe // *The Economic Journal*, 1943. Vol. 53(210/211). Pp. 202–211.
3. *Singer H. W.* The distribution of gains between investing and borrowing countries // *The American Economic Review*, 1950. Vol. 40(2). Pp. 473–485.
4. *Bernard A. B., Jones C. I.* Productivity and Convergence Among U.S. States. National Bureau of Economic Research, 1996.
5. *Imbs J., Wacziarg R.* Stages of diversification // *The American Economic Review*, 2003. Vol. 93(1). Pp. 63–86.
6. *Boschma R., Iammarino S.* Related variety, trade linkages, and regional growth in Italy // *Economic Geography*, 2009. Vol. 85(3). Pp. 289–311.
7. *Frenken K., Oort F. V., Verburg T.* Related variety, unrelated variety and regional economic growth // *Regional Studies*, 2007. Vol. 41(5). Pp. 685–697.
8. *Frenken K., Saviotti P.* Export variety and the economic performance of countries // *Journal of Evolutionary Economics*, 2008. Vol. 18(2), Pp. 201–218.
9. *Teece D., Rumelt R., Dosi G., Winter S.* Understanding corporate coherence: Theory and evidence // *Journal of Economic Behavior & Organization*, 1994. Vol. 23(1), Pp. 1–30.
10. *Hidalgo C. A., Klinger B., Barabási A. L., Hausmann R.* The Product Space Conditions the Development of Nations // *Science*, 2007. Vol. 317(5837). Pp. 482–487.
11. *Hidalgo C. A., Hausmann R.* The Building Blocks of Economic Complexity // *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2009. Vol. 367(1897). Pp. 1817–1825.
12. *Hausmann R., Hidalgo C. A.* Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity. MIT Press, 2017.
13. *Ravallion M.* Competing Concepts of Inequality in the Globalization Debate // Brookings Trade Forum – 2004: Globalization, Poverty, and Inequality, Pp. 1–38. URL: <https://www.jstor.org/stable/25063189>
14. *Hartmann D., Guevara M. R., Jara-Figueroa C., Aristarán M., Hidalgo C.* Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality // *World Development*, 2017. V. 93, p. 75-93.
15. *Гаврилец Ю.Н., Кудров А.В., Тараканова И.В.* Статистический анализ и моделирование взаимосвязи региональной экономики и науки // *Экономика и математические методы*, 2022. Т. 58, №4. С. 56-70.
16. *Гаврилец Ю.Н., Кудров А.В., Тараканова И.В.* (2018). Анализ внутренней структуры экономического потенциала роста // *Вестник ЦЭМИ РАН*, 2018. Т. 1. № 1.

17. Данные о налоговых поступлениях. URL: [https://www.nalog.ru/rn77/related\\_activities/statistics\\_and\\_analytics/forms/](https://www.nalog.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytics/forms/)
18. Афанасьев М. Ю., Кудров А. В. Экономическая сложность и вложенность структур региональных экономик // *Экономика и математические методы*, 2021. Т. 57, № 3, С. 67–78.
19. Ratkowsky D. Principles of nonlinear regression modeling // *Journal of Industrial Microbiology*, 1993. V. 12, 195–199.

## **ECONOMIC COMPLEXITY AND ITS IMPACT ON GROSS REGIONAL PRODUCT: RUSSIAN REGIONS**

**Kudrov A.V.**

*The index of economic complexity defines the basis of the modern theory of economic complexity and reflects the level of knowledge embedded in the productive structure of the economy. This study examines the direct impact of economic complexity on GRP. Since, together with economic complexity, the factors of GRP generalized production function are also considered, this allows us to isolate the impact of the economic complexity index from other phenomena. The analysis shows that the direct relationship between economic complexity and GRP is of a threshold nature, and the effect of the direct relationship appears only at sufficiently large values of economic complexity. In addition, the study shows that there is no direct relationship between the index of economic complexity and the level of the manufacturing industries development. However, there is a direct relationship with the extractive industries index: the higher the concentration of extractive industries in the structure of the economy, the lower the level of economic complexity. The generalized production function of GRP was clarified, in which the threshold effect of the influence of economic complexity manifested itself as a factor of the functional dependence describing the elasticity of labor: a high level of economic complexity provides greater labor productivity. Overall, the results of the study of the dependence of GRP on economic complexity lead to the conclusion that an increase in economic complexity can be an effective way to stimulate economic growth and development, but only starting from a certain threshold level. Values of economic complexity below this threshold have no effect on GRP.*