

Оценка функционирования регионов на основе производственных функций с приведенными стоимостными факторами

Р. А. Жуков  , *М. А. Плинская* , *Е. В. Манохин* 

*Тульский филиал Финансового университета
при Правительстве Российской Федерации,
г. Тула, Россия*

 pluszh@mail.ru

Аннотация. При моделировании развития экономики регионов на основе производственных функций возникает проблема выбора моделей, факторов и методик корректировки стоимостных характеристик с целью получения адекватных и точных моделей, а также формирования частных и интегральных показателей результативности. Такая проблема становится особенно существенной в случае, если модели адекватны и точны, а, следовательно, изучаемый процесс инвариантен относительно используемых моделей, факторов и методик расчета. Цель исследования – оценка результатов функционирования регионов на основе производственных функций при условии инвариантности процесса изменения объема ВРП относительно моделей, факторов и методик их приведения к сопоставимому виду при моделировании развития экономики субъектов Российской Федерации. Гипотеза исследования – инвариантность процесса изменения объема ВРП относительно используемых моделей, факторов и методик приведения стоимостных показателей к сопоставимому виду. Исследование было проведено на основе данных по областям Центрального федерального округа (2007–2020). В результате на базе пяти построенных моделей, факторы которых рассчитывались пятью различными способами, учитывающими как изменение цен, так и среднегодовые характеристики, было определено, что частные индикаторы имеют сходную динамику. При этом статистические тесты и авторская методика выбора модели, учитывающая приоритеты развития регионов, не дали возможность выявить наилучшую из них. Это позволило сделать вывод об инвариантности изучаемого процесса относительно моделей и используемых методик корректировки. Для решения проблемы выбора моделей для оценки результатов функционирования регионов предложено использовать интегральный показатель результативности, обобщающий используемые методики расчета, что уменьшает влияние субъективизма такого выбора. Теоретическая значимость заключается в возможности применения методологии формирования частных и интегральных показателей результативности для произвольных социально-экономических систем. Практическая значимость проведенного исследования заключается в том, что полученные результаты можно использовать для разработки мероприятий, цель которых – обеспечить устойчивое развитие областей Центрального федерального округа.

Ключевые слова: валовой региональный продукт; производственная функция; социально-экономическая система; изменение цен; интегральный индикатор; оценка; анализ.

1. Введение

При изучении экономики регионов, рассматриваемых как социально-экономические системы (ЭС), в качестве основного макроэкономического показателя используют валовой региональный продукт (ВРП), динамика которого может быть промоделирована посредством специальных экономико-статистических моделей – производственных функций (ПФ).

Наиболее часто используемыми моделями являются степенные мультипликативные модели, аналогичные неоклассической производственной функции Кобба – Дугласа, устанавливающей связь между результатами (объем ВРП) и основными факторами производства, в том числе стоимостью основных фондов (ОФ). Вследствие инфляционных процессов реальная стоимость основных фондов и объема ВРП отличается от фактической стоимости, что приводит к необходимости их корректировки с целью построения адекватных ПФ для моделирования развития экономики.

Использование различных методик приведения стоимостных характеристик к сопоставимому виду ведет к изменению значений параметров ПФ и статистических характеристик, обосновывающих адекватность моделей. При этом возникает проблема их выбора в случае, если модели адекватны и имеют приемлемую точность, что дает возможность выдвинуть предположение об инвариантности изучаемого процесса относительно используемых производственных функций, факторов и методик приведения стоимостных характеристик к сопоставимому виду.

В этом аспекте для оценки результатов функционирования регионов, действующих в различных условиях, что необходимо учитывать в экономических исследованиях, актуальным представляется использование частного и интегрального (обобщенного) индикаторов, позволяющих исключить влияние

различных единиц измерения, эффекта масштаба и учесть различные адекватные методики, что в итоге даст возможность проводить корректную оценку и сравнительный анализ разнокачественных и разноуровневых социально-экономических систем (в данном случае – субъектов Российской Федерации).

Цель исследования – оценка результатов функционирования регионов на основе производственных функций при условии инвариантности процесса изменения объема ВРП относительно моделей, факторов и методик их приведения к сопоставимому виду при моделировании развития экономики субъектов Российской Федерации.

Объект исследования – региональные социально-экономические системы, обладающие однородными результативными признаками (области Центрального федерального округа).

Предмет исследования – отличия результатов оценки ВРП в зависимости от выбранной методики.

Гипотеза исследования – инвариантность процесса изменения объема ВРП относительно используемых моделей, факторов и методик приведения стоимостных показателей к сопоставимому виду.

Структура статьи: исследование состоит из введения, раздела о степени проработанности проблемы, методологического раздела и информационной базы исследования, результатов исследования, обсуждения, заключения.

2. Степень проработанности проблемы

При моделировании экономики регионов вопрос применения валового регионального продукта в качестве основного показателя состояния, функционирования, сбалансированного развития субъектов Российской Федерации, корректности расчета ВРП остается открытым [1].

Михеева [2] показывает, что изменилась методология формирования ВРП,

что привело к ряду трудностей при моделировании развития региональной экономики, оценке сбалансированности, анализе и интерпретации результатов, выявлении причин изменения объема валового регионального продукта. Автором обосновано, что текущая рыночная стоимость основного капитала служит основой для потребления основного капитала по секторам экономики. Новый способ оценки повлек за собой внесение изменений в региональную и отраслевую структуру ВРП. Также сместились относительные позиции регионов в системе национальных показателей. По результатам пересчета ВРП произошло снижение межрегиональной дифференциации показателей валового внутреннего продукта на душу населения. Михеева [2] провела анализ изменений структуры групп на основе отчетов о формировании и использовании доходов. Переход на новую методологию привел к увеличению разрыва уровня показателей региональных счетов и непосредственно наблюдаемых показателей. Полученные результаты могут служить отправной точкой для понимания необходимости учета изменения цен основных фондов при формировании моделей изменения ВРП.

Сбалансированность, оценка которой осуществляется чаще всего на основе ВРП с точки зрения системной парадигмы, – это свойство структуры, развитие и функционирование которой обеспечивается благодаря ее системам, элементам и подсистемам. Одинцова и Романова [3, с. 8] отмечают, что одно из противоречий современной экономики – это сложность в достижении баланса развития и стабильности в процессе того, как осуществляется функционирование объекта.

Обеспечение социально-экономического роста в рамках равновесного развития происходит в процессе структурных изменений при условии того, что соотношение сил и энергии сохраняется

в рамках, находящихся под контролем. Лихтенштейн и Росс [4] отмечают, что данные изменения должны иметь больше качественный, а не количественный характер. Но при этом должна происходить идентификация указанных изменений, пусть и неявная. Для такой идентификации можно использовать систему сбалансированных индикаторов. Показатели сбалансированного развития неявно отражают, какие изменения происходят в элементах системы, в системных связях, а также в системе в целом.

По мнению многих исследователей, рост объема валового регионального продукта находится в зависимости от численности занятых и стоимости основных фондов.

Изменение стоимости основных фондов взаимосвязано с таким фактором, как обновление или модернизация оборудования. Таким образом, качественное изменение некоторого элемента системы, включая использование новых технологий, влечет за собой изменение его функционирования, основанное уже на иных принципах. Трансформация системы, осуществляющаяся под влиянием факторов, управляемых и неуправляемых, находит свое отражение в изменении системных целевых показателей, что является признаком ее развития.

При моделировании ВРП чаще всего используют неоклассическую производственную функцию Кобба – Дугласа или ее модификации. Но зачастую исследователи делают выбор в пользу линейных моделей, поскольку их параметры определяются наиболее просто.

Dreyer & Schmid [5] использовали линейные модели для оценки эффективности экономического роста стран Евросоюза. Они позволили выявить существенное влияние на этот рост стоимости основных фондов и имеющихся трудовых ресурсов.

Sayaria et al. [6] применяли аналогичные статистически адекватные модели, чтобы оценить взаимосвязь между

элементами валового внутреннего продукта (ВВП), индексом экономической свободы и инвестициями для тридцати европейских стран, подтвердивших их существенность.

Wang et al. [7] исследовали вопросы оценки взаимодействия с помощью индикатора координации взаимозависимости таких факторов, как урбанизация в Китае, цены на жилье и доступность жилья. Данные факторы рассматривались как социально-экономические подсистемы на базе моделей линейных функциональных форм, обладающих высоким качеством и точностью.

Эти модели ранее были использованы в работах Zhu & Gang [8] (оценка взаимосвязи урбанизации и экологии) и Zhu et al. [9] (для подсистем: население, морская экономика и окружающая среда).

Charfeddine & Mrabet [10] применили квадратическую модель. Их исследование посвящено влиянию на экологию стран североафриканского региона и Ближнего Востока социально-политических и экономических факторов.

Lin & Benjamin [11] применяли логарифмические модели для того, чтобы изучить причинно-следственные связи экономического роста, иностранных инвестиций и потребления энергии. Таким образом исследователи оценивали сбалансированность функционирования социально-экономических систем.

Zhenhua & Guangsheng [12] использовали транслогарифмические модели с целью выявить взаимосвязь таких факторов, как капитал, эффективность производства и экономический рост при обеспечении устойчивого развития Китайской Народной Республики.

Sáenz [13] анализировал торговый баланс Соединенных Штатов Америки и Южной Кореи. Применение степенных мультипликативных моделей совокупного потребления и инвестиционных товаров позволило автору доказать, что капиталоемкость, изменяющаяся во времени, служит объяснением горбообразной

эволюции хозяйственной деятельности субъектов экономики в сфере обрабатывающей промышленности. При этом капиталоемкость имеет решающее значение для формирования полной модели занятости в обрабатывающей промышленности, которая вызывает дополнительный «отток» рабочей силы из обрабатывающей промышленности, создавая различия между занятостью и долями добавленной стоимости, что согласуется с наблюдаемыми закономерностями структурных преобразований в Южной Корее.

Особого внимания заслуживают исследования ученых Центрального экономико-математического института Российской академии наук (ЦЭМИ РАН).

Макаров и др. [14] использовали степенные мультипликативные производственные функции и их логарифмические представления для оценки технической эффективности пространства инноваций.

Чернавский [15] использовал набор моделей, в том числе и трансцендентную функциональную форму для калибровки модели равновесия газовой отрасли, что позволило создать адекватную модель и осуществить сценарные прогнозы объема ВВП России.

Абдикеев и др. [16] за счет использования моделей временных рядов, в том числе VAR-моделей, осуществили долгосрочный прогноз ВВП России.

С целью исключения влияния изменения цен и инфляции абсолютные значения ВРП корректируют на уровень инфляции [17] либо приводят к сопоставимым ценам базисного периода, как показано в работе Афанасьева и Пономаревой [18].

Для фактора «основные фонды», включенного в модель производственной функции, перевод в сопоставимые цены связан с рядом трудностей, в том числе с выбором методики приведения основных фондов к сопоставимым ценам и с использованием определенного вида основных фондов.

Ханин и Фомин [19] предложили рассчитывать основные фонды по полной учетной стоимости на конец года (далее – $ОФ_{ПВС}$), среднегодовую стоимость $ОФ$ (далее – $ОФ_{СТ}$) и остаточную балансовую стоимость (далее – $ОФ_{ОБС}$) на базе бухгалтерской отчетности. Однако не указано, в каких случаях применять ту или иную методику расчета.

Скуфьина и др. [20] предложили использовать $ОФ_{ПВС}$ с поправкой на степень их износа в году и включить в модель индекс стоимости основных фондов, приведенных к 2008 г. Авторы показали, что слабая зависимость валового внутреннего продукта в России от запасов основного капитала объясняет нецелесообразность использования запасов основного капитала в качестве параметра фонда в производственных функциях, а также сделали вывод, что можно использовать как стоимостные показатели, так и показатели физического объема.

Брянцева и Андреева [21] исследовали вопросы включения в систему линейных уравнений как стоимости основных фондов на конец года, так и темпов инфляции. И в этом случае результаты регрессионного анализа моделей показали их высокое качество и адекватность, хотя выбор основных фондов с расчетом по полной учетной стоимости не был никак обоснован.

Афанасьев и Пономарева [22] предложили наиболее адекватную с точки зрения обоснования выбора методику приведения к сопоставимым ценам основных фондов. Они использовали среднегодовую стоимость основных фондов, рассчитанную по методике, примененной авторами в дальнейших исследованиях на основе трудоемкой работы по сбору и обработке данных. При этом развитие авторской методики перерасчета касалось, в том числе изменения вида основных фондов.

Бывшев [23] на базе построенной трансцендентной модели изучил вклад научно-технического прогресса в ВВП

России. На первом этапе схемы оценивались статистические модели производственной функции с обязательной проверкой гипотезы о коинтеграции нестационарных временных рядов логарифмов российской экономики, в том числе уровни ВВП, основного капитала и живой рабочей силы и уровни цен на нефть. На втором этапе схемы была исследована стабильность оценок производственной функции, рассчитанных по различным обучающим выборкам, и оценена точность прогнозирования *ex post*, что показало высокую точность прогнозирования. Автор показал, что степень влияния НТП на ВВП составляет порядка 0,6%.

Айвазян и др. [24] при таких расчетах не учитывали фактор изменения цен, как, впрочем, и при формировании регионального индекса экономического развития с целью рейтингования субъектов Российской Федерации [25]. Однако построенные модели адекватны изучаемым процессам. При этом авторам удалось выявить большую чувствительность ВРП к изменениям основных фондов для регионов, специализирующихся на добыче полезных ископаемых, по сравнению с регионами, ориентированными на сельское хозяйство и обрабатывающую промышленность, последние из которых обладают существенной чувствительностью к изменению трудовых ресурсов (численности занятых).

Huawei [26] разработал модель векторной авторегрессии изменения цен на сырье. Он объединяет ВВП с инфляцией, выступающей в качестве компонента модели, что дает возможность осуществить его корректировку. Автором сделан вывод, что экономические факторы в Китае, такие как валовой внутренний продукт, обменный курс валюты, уровень инфляции и процентные ставки, могут привести к резкому росту цен.

Alabi et al. [27] для учета изменения цен и их влияния на ВВП использовали специальную корректирующую

функцию стоимости, включающую изменение инвестиций и капитала, что дало возможность обосновать длительные ценовые последствия сдерживаемого расширения экономики в целом.

Zhang et al. [28] предположили, что искажения цен на факторы влияют на эффективность распределения факторов, которые, в свою очередь, влияют на общую производительность факторов производства. Авторы предложили новый метод – модель производственной функции с изменяющейся во времени эластичностью для измерения ценовых искажений факторов капитала и рабочей силы. Фактическая цена факторов измеряется методом доли факторов в соответствии с национальным бухгалтерским учетом. На основе моделей Кобба – Дугласа и транслогарифмической функции они смогли обосновать увеличение факторов со временем. Причем две модели дают вилку искажения цен. Авторы предлагают использовать их в качестве правильного учета изменения цен на факторы производства. Однако авторы не указывают, какая из функций корректней описывает динамику ВВП.

Kuma & Gata [29] в логарифмической модели используют приведение номинального ВВП к реальному за счет дефлятора, используемого в международной практике, что предоставляет возможность осуществить его корректировку. Обладая высоким качеством, модель дает корректные результаты, однако если в рассмотрение взять номинальный ВВП в качестве альтернативы, то, по нашему мнению, модель может предоставить аналогичные адекватные оценки.

Boug et al. [30], используя многосекторальную макроэкономическую модель норвежской экономики с денежно-кредитной политикой таргетирования инфляции, показывают, что налогово-бюджетная политика влияет как на макроэкономику, так и на отраслевую структуру. Авторы применяют CES

функцию и ценовой дефлятор общего потребления, что также дает корректные результаты. В итоге они приходят к выводу о необходимости реализации стимулирующей налогово-бюджетной политики, поскольку добавленная стоимость в секторе неторгуемых товаров увеличивается за счет добавленной стоимости в секторе торгуемых товаров.

Ortis [31] предложил 4 адекватных модели для расчета стоимости первоначальных затрат и основных фондов на базе бухгалтерской отчетности, но вопрос выбора наилучшей модели с учетом корректировки на инфляцию остался открытым.

Вопрос формирования частных и интегральных показателей оценки и индексов регионального развития, в том числе с использованием ВРП, занимает особое место в экономических и других исследованиях, что подтверждается многочисленным числом публикаций по этой теме.

Sun et al. [32] показали, что интегральный показатель формируется за счет стандартизованных факторов, представленных в абсолютных значениях.

Dudek et al. [33] обосновали, что индикаторы необходимо предварительно центрировать, а потом приводить к процентному виду, уровню или баллу. При этом агрегирование осуществляется за счет весовых коэффициентов, полученных на основании оценок экспертов, увеличивающих субъективность получаемых результатов.

Zhukov et al. [34] придерживаются мнения, что при формировании индикаторов следует учитывать конкретные условия функционирования регионов, что обеспечивает корректность результатов сравнительного анализа их социально-экономического развития, в том числе с использованием нормативных моделей в виде производственных функций.

Исследователи все чаще разрабатывают соответствующие модели, которые

связывают факторы и результаты развития социально-экономических систем, чтобы сформировать частные и интегральные индикаторы оценки и сбалансированности их функционирования.

Анализ информационной достаточности и доступности данных показал, что в этой области также существует ряд проблем, в том числе в поиске показателей, позволяющих привести ВРП и основные фонды в сопоставимые цены. Например, в Единой межведомственной информационно-статистической системе (ЕМИСС)¹ имеются данные об индексе физического объема валового регионального продукта, но нет данных об индексах-дефляторах для приведения ВРП в сопоставимые цены.

Что касается стоимости основных фондов, то данные еще более разрознены или отсутствуют, что увеличивает трудоемкость работ при поиске и обработке необходимой информации, особенно агрегировании данных до 2016 г. и начиная с 2017 г., в связи с внесением изменений в Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД 2). Например, только до 2016 г.² имеется такой показатель, как среднегодовое наличие основных фондов в среднегодовых ценах. Есть данные о наличии основных фондов на конец года в среднегодовых ценах в разрезе субъектов Российской Федерации за 2008–2016 гг., по разделам ОКВЭД есть только с 2017 г.; среднегодовое наличие основных фондов в среднегодовых ценах с 2017 г.³ (только по Российской Федерации в целом); индексы цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения с 2017 г.⁴ (до 2017 г. нет). Другая часть данных находится на портале Федеральной службы государственной статистики

Российской Федерации (Росстат)⁵. И это лишь один из примеров.

Подведем итоги. В современных публикациях выбор моделей для оценки социально-экономических систем, в том числе для изучения изменения объема ВРП в субъектах РФ проводится на базе следующих аспектов: 1) качественное содержание и применимость производственной функции для выбранной области исследования; 2) авторский логический вывод, имеющий дальнейшее подтверждение благодаря проводимым статистическим оценкам моделей; 3) опора на исследования, которые были проведены ранее. Чаще встречается последний способ.

При этом можно сделать предварительный вывод, что разные модели и методики корректировки изменения цен могут давать корректные результаты и, следовательно, изучаемый процесс, в частности изменение объема ВРП или ВВП, инвариантен относительно моделей, факторов и методик приведения стоимостных характеристик к сопоставимому виду.

В рамках исследования будем опираться на методологию оценки функционирования систем, изложенную, например, в [34], и руководствоваться доступностью данных, необходимых для учета изменения цен в моделях связи валового регионального продукта со стоимостью основных фондов и среднегодовой численностью занятых в экономике, выступающих в роли основных факторов производства в соответствующих производственных функциях, представленных Клейнером [35].

3. Методология и информационная база исследования

Региональная социально-экономическая система (РСЭС) рассматривается как совокупность резидентов субъектов

¹ <https://www.fedstat.ru>

² <https://www.fedstat.ru/indicator/40435>

³ <https://www.fedstat.ru/indicator/58656>

⁴ <https://www.fedstat.ru/indicator/57795>

⁵ <https://www.gks.ru>

Российской Федерации (институциональных единиц регионов), осуществляющих вклад в валовой региональный продукт. В исследовании регион и область будем рассматривать как синонимы.

Каждый из регионов с номером k содержит элементы с номерами i ($i = 1, \dots, I$), сгруппированных по классам $s_q \in \mathcal{S}$, где q есть номер класса. Совокупность таких элементов представляют собой множество или подсистему РСЭС с номером k .

В каждый период времени t , ограниченный числом периодов T ($t = 1, \dots, T$), элемент с номером i описывается набором признаков четырех типов. Первый тип характеризует фактический результат функционирования элемента $y_{i,k,s_q}(t)$; второй тип представляет собой условия функционирования элемента, которые будем называть факторами состояния или основными факторами производства $x_{i,k,s_q,j}(t)$, число которых ограничено набором существенных факторов J , включенных в модель ($j = 1, \dots, J$). Третий тип факторов описывает управление элементом системы, их будем называть факторами воздействия $z_{i,k,s_q,u}(t)$, число которых определяется количеством значимых управляющих воздействий U ($u = 1, \dots, U$). Последний тип факторов есть ожидаемое значение или норматив $\hat{y}_{i,k,s_q}(t)$, соответствующий признаку первого типа, который может быть вычислен по модели связи в виде производственной функции:

$$\hat{y}_i = f_i(x_{i,j}, z_{i,u}). \quad (1)$$

Допуская, что признаки первых трех типов есть случайные величины, то связь между фактическим и нормативным значениями можно описать эконометрическим уравнением как:

$$y_i = \hat{y}_i + \varepsilon_i, \quad (2)$$

где ε_i – нормальная случайная компонента.

Для определения параметров производственной функции, представленной формулой (1), можно воспользоваться

методом наименьших квадратов, где в качестве данных будут выступать значения признаков выборки, объединенной по t и k .

С целью оценки элемента i подсистемы s_q области с номером k в t период будем использовать частный результативный показатель ξ_i , который определяется по формуле:

$$\xi_{i,k,s_q}(t) = \frac{y_{i,k,s_q}^0(t)}{\hat{y}_{i,k,s_q}^0(t)}. \quad (3)$$

Здесь индекс «0» характеризует приведение результативного признака к унифицируемому виду, принимающего значения от 0 до 1 после процедур центрирования и нормирования (процедура стандартизации) исходного значения признака, выраженного в абсолютных единицах измерения. Стандартизованные переменные в дальнейшем будем обозначать индексом «*». Такие алгоритмы позволяют исключить влияние масштаба и единиц измерения, что обеспечивает корректность проводимых оценок.

Если оценивать результат функционирования подсистемы s_q региона с номером k , то можно воспользоваться обобщенным или интегральным показателем результативности, определяемым квадратичной сверткой частных результатов функционирования элементов, входящих в подсистему s_q :

$$\xi_{k,s_q}(t) = \frac{\sqrt{\sum_{i_1=1}^I \sum_{i_2=1}^I r_{i_1,i_2,s_q} \cdot y_{i_1,k,s_q}^0(t) \cdot y_{i_2,k,s_q}^0(t)}}{\sqrt{\sum_{i_1=1}^I \sum_{i_2=1}^I \hat{r}_{i_1,i_2,s_q} \cdot \hat{y}_{i_1,k,s_q}^0(t) \cdot \hat{y}_{i_2,k,s_q}^0(t)}} \quad (4)$$

Здесь r_{i_1,i_2,s_q} , \hat{r}_{i_1,i_2,s_q} – компоненты корреляционной матрицы, элементами которой являются парные коэффициенты корреляции Пирсона ($i_1, i_2 = 1, \dots, I$). Будем считать функционирование элемента или подсистемы удовлетворительным, если значения частных (3) или

интегральных (4) показателей больше единицы.

По сути, выражение, стоящее в знаменателе (4), есть не что иное как агрегированная производственная функция, полученная квадратичной сверткой ПФ, используемых при расчете частных показателей, что дает учесть их взаимное влияние, что характерно для подсистем или системы в целом.

Если предположить, что элемент подсистемы может характеризоваться несколькими результативными признаками и его поведение описывается различными моделями, включающими факторы, рассчитанные по выбранным методикам, то соотношение (4) можно применить для получения агрегированного показателя оценки такого элемента. В этом аспекте индекс $s_q \in S$ будет характеризовать тип модели, фактора или методики, которые используются при формировании интегрального показателя. Такую процедуру можно интерпретировать как свертку методик, что дает обобщенную методику формирования обобщенного (интегрального) показателя.

Таким образом методология исследования включает следующие этапы.

1. Сбор и обработка данных из открытых источников с целью формирования производственной функции, устанавливающей связь объема ВРП со стоимостью основных фондов и среднегодовой численностью занятых.

2. Приведение стоимостных характеристик (объем ВРП и стоимости основных фондов) к сопоставимому виду с помощью различных методик. Корректировка ВРП с помощью индекса инфляции и индекса-дефлятора. Для основных фондов предложено использовать стоимость $ОФ_{\text{пус}}, ОФ_{\text{ст, пус}}, ОФ_{\text{ст, обс}}$. Приведение к сопоставимым ценам предложено осуществлять с помощью индекса цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения.

3. Построение моделей связи скорректированного объема ВРП

со скорректированной стоимостью основных фондов и среднегодовой численностью занятых в экономике с использованием метода наименьших квадратов. Выбор функциональных форм моделей может быть определен исходя из содержательного смысла изучаемого процесса. Например, ручное производство продукта не может осуществляться без рабочей силы и средств труда. При линейной функциональной форме модели равенство 0 одного из указанных факторов, а другого отличного от 0, выпуск продукта будет ненулевым, что противоречит смысловому содержанию процесса. Тогда рекомендуется использовать степенные мультипликативные модели и их суперпозиции. Если производство, участок производства полностью автоматизированы, то отсутствие трудовых ресурсов не повлияет на выпуск продукта. Тогда можно использовать экспоненциальные или линейные модели. Если производство автоматизировано, технологии детерминированы, то рекомендуется использовать функцию Леонтьева. Для экономической подсистемы такие модели, зависящие от технологии, масштабов производства, возможного замещения факторов, более-менее построены и используются при оценке функционирования.

4. Проведение оценки адекватности построенных моделей. Для оценки адекватности можно использовать стандартные статистические тесты: например, критерий Фишера (оценивается качество модели), а также тесты, применяемые к ряду остатков, позволяющих осуществить проверку того, что ряд удовлетворяет основным предпосылкам теоремы Гаусса – Маркова.

5. Осуществление процедуры выбора моделей и процедуры выбора с учетом приоритетов развития субъектов Российской Федерации по методике, отраженной в [34]. Приоритеты ранжируются по степени важности для субъекта. В качестве объекта оценки выступают

показатели результативности. В случае рассмотрения двухуровневой СЭС (округ – субъект РФ) приоритеты могут устанавливаться на уровне «округ» (что наиболее важно для развития округа) или на уровне «регион» (что наиболее важно для развития субъекта РФ). Например, для Тульской области, характеризующейся высоким уровнем промышленного производства (вклад в ВРП региона составляет около 40%), наиболее приоритетным направлением является развитие промышленности. Следовательно, показатель результативности, характеризующий объем ВРП по виду деятельности D (С). Обрабатывающая промышленность имеет наибольший приоритет. Методом попарного сравнения определяются весовые коэффициенты для каждого из показателей результативности. В данном случае при анализе ВРП установка весовых коэффициентов не требуется, а приоритет определяется как наивысший.

6. Расчет частных показателей результативности по формуле (3), применение критерия выбора модели по приоритету и проверка гипотезы об инвариантности процесса изменения объема ВРП относительно моделей, факторов и методик приведения стоимостных показателей к сопоставимому виду.

7. Расчет интегрального показателя результативности функционирования регионов по формуле (4) и его использование как инструмента оценки при условии обнаруженной инвариантности процесса.

При построении моделей были использованы данные Росстата для 17 областей Центрального федерального округа за 2007–2020 гг., отраженные в сборнике «Регионы России. Социально-экономические показатели» (различные годы), данные из статистической базы ЕМИСС Росстата, размещенные на официальном сайте Росстат, а также таблицы, построенные по данным Росстата и представленные в сети Интернет.

В частности, были использованы следующие данные: уровень инфляции¹; индексы потребительских цен на товары и услуги²; индексы цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения³; основные фонды⁴; среднегодовая численность населения, индекс физического объема валового регионального продукта и валовой региональный продукт⁵.

4. Результаты исследования

Для построения производственной функции выбраны были выбраны степенные мультипликативные модели, соответствующие неклассической модели Кобба – Дугласа:

$$\hat{y}_i = a_{i,0} \cdot x_{i,1}^{a_{i,1}} \cdot x_{i,2}^{a_{i,2}}, \quad (5)$$

где \hat{y}_i – результативный признак, характеризующий объем валового регионального продукта (млн руб.); $x_{i,1}$ – фактор, характеризующий основные фонды (млн руб.); $x_{i,2}$ – фактор среднегодовой численности занятых в экономике (тыс. человек).

Были построены 5 степенных мультипликативных моделей связи, соответствующих формуле (5), по объединенной (области, годы) выборке, отличающиеся способом корректировки ВРП и основных фондов, в том числе использованием в качестве фактора среднегодовой стоимости основных фондов, представленные следующими формулами:

$$\text{ВРП}_{\text{И}} = f(\text{ЧЗ}_{\text{СГ}} \cdot \text{ОФ}_{\text{ПВС,И}}), \quad (5)$$

$$\text{ВРП}_{\text{СЦ,ИД по регионам}} = f(\text{ЧЗ}_{\text{СГ}} \cdot \text{ОФ}_{\text{СГ,ОБС,СЦ}}), \quad (6)$$

$$\text{ВРП}_{\text{СЦ,ИД по регионам}} = f(\text{ЧЗ}_{\text{СГ}} \cdot \text{ОФ}_{\text{СГ,ПВС,СЦ}}), \quad (7)$$

$$\text{ВРП}_{\text{СЦ,ИД по России}} = f(\text{ЧЗ}_{\text{СГ}} \cdot \text{ОФ}_{\text{СГ,ПВС,СЦ}}), \quad (8)$$

¹ <https://уровень-инфляции.рф/таблицы-инфляции>

² <https://www.fedstat.ru/indicator/31074>

³ <https://www.fedstat.ru/indicator/57795>;
<https://www.fedstat.ru/indicator/31111>

⁴ <https://rosstat.gov.ru/folder/14304>

⁵ <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>

$$\text{ВРП}_{\text{СЦ, ИД по России}} = f(\text{ЧЗ}_{\text{СГ}} \cdot \text{ОФ}_{\text{СГ, ОБС, СЦ}}) \quad (9)$$

где И – инфляция; ИД – индекс-дефлятор; СЦ – сопоставимые цены; ИЦ – индексы цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения; ОБС – остаточная балансовая стоимость; ПУС – полная учетная стоимость ОФ на конец года; СГ – среднегодовое значение.

Для корректировки факторов и приведения их к уровню 2007 г. были применены следующие формулы:

$$\text{ВРП}_{\text{Ит}} = \text{ВРП}_i / \prod_{i=2008}^t [(100 + \text{И})/100], \quad (10)$$

$$\text{ВРП}_{\text{СЦ, т}} = \text{ВРП}_i / \prod_{i=2008}^t [\text{ИД}_{\text{ВРП, i}}/100] = \quad (11)$$

$$= \text{ВРП}_i / \prod_{i=2008}^t [\text{T}_{\text{ВРП, i}}/\text{ИФО}_{\text{ВРП, i}}/100],$$

$$\text{T}_{\text{ВРПт}} = \text{ВРП}_i / \text{ВРП}_{i-1} \cdot 100, \quad (12)$$

$$(\cdot)_{\text{СГт}} = ((\cdot)_{\text{начало года}} + (\cdot)_{\text{конец года}}) / 2, \quad (13)$$

где Т – темп роста; ИФО – индекс физического объема валового регионального продукта; $t = 2007-2020$ гг. (базовый период – 2007 г.).

Результаты оценки моделей представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Спецификация и статистическая оценка моделей 1–3

Table 1. Specification and statistical estimation of models 1–3

| № п/п | Статистика/Модель | ВРП _{Ит} , ОФ _{ПУС, И} | p-value | ВРП _{СЦ, ИД} по регионам, ОФ _{СГ, ОБС, СЦ} | p-value | ВРП _{СЦ, ИД} по регионам, ОФ _{СГ, ПУС, СЦ} | p-value |
|-------|---|---|---------|--|---------|--|---------|
| 1 | a_0 (коэффициент модели) | 3,323 | 0,000 | 5,750 | 0,000 | 2,556 | 2,556 |
| 2 | a_1 (коэффициент модели) | 0,500 | 0,000 | 0,442 | 0,000 | 0,485 | 0,485 |
| 3 | a_2 (коэффициент модели) | 0,682 | 0,000 | 0,745 | 0,000 | 0,741 | 0,741 |
| 4 | R^2 (коэффициент детерминации) | 0,952 | 0,000 | 0,932 | 0,000 | 0,942 | 0,942 |
| 5 | n (степень свободы) | 235 | – | 235 | – | 235 | 235 |
| 6 | Rand (поворотные точки) | 144/184 | 0,050 | 144/139 | – | 144/168 | 144/168 |
| 7 | M(e) (тест на равенство 0 математического ожидания) | 0,093 | 0,926 | 0,153 | 0,879 | –0,068 | –0,068 |
| 8 | DW (Дарбин – Уотсон) | 1,889 | 0,050 | 1,891 | 0,050 | 1,992 | 1,992 |
| 9 | R/S критерий | 4,939 | – | 6,054 | – | 5,757 | 5,757 |
| 10 | Критерий K^2 | 3,068 | 0,216 | 4,773 | 0,092 | 3,168 | 3,168 |
| 11 | W (тест Шапиро-Вилка) | 0,991 | 0,146 | 0,984 | 0,010 | 0,984 | 0,984 |
| 12 | критерий s_2 | 11,483 | 0,244 | 26,106 | 0,002 | 28,162 | 28,162 |

Окончание табл. 1

| № п/п | Статистика/Модель | ВРП _и , ОФ _{пвс, и} | <i>p</i> -value | ВРП _{сц, ид} по регионам, ОФ _{сг, обс, сц} | <i>p</i> -value | ВРП _{сц, ид} по регионам, ОФ _{сг, пвс, сц} | <i>p</i> -value |
|-------|------------------------------|--|-----------------|--|-----------------|--|-----------------|
| 13 | r_{x1} (критерий Спирмена) | 0,071 | 0,279 | 0,060 | 0,357 | 0,013 | 0,013 |
| 14 | r_{x2} (критерий Спирмена) | 0,099 | 0,127 | 0,028 | 0,668 | 0,038 | 0,038 |

Источник. Рассчитано авторами.

Таблица 2. Спецификация и статистическая оценка моделей 4 и 5

Table 2. Specification and statistical estimation of models 4 and 5

| № п/п | Статистика/Модель | ВРП _{сц, ид} по России, ОФ _{сг, пвс, сц} | <i>p</i> -value | ВРП _{сц, ид} по России, ОФ _{сг, обс, сц} | <i>p</i> -value |
|-------|-------------------|---|-----------------|--|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | a_0 | 2,860 | 0,000 | 6,357 | 0,000 |
| 2 | a_1 | 0,506 | 0,000 | 0,472 | 0,000 |
| 3 | a_2 | 0,684 | 0,000 | 0,676 | 0,000 |
| 4 | R^2 | 0,961 | 0,000 | 0,952 | 0,000 |
| 5 | v | 235 | – | 235 | – |
| 6 | Rand | 144/180 | 0,050 | 144/159 | 0,050 |
| 7 | M (e) | –0,096 | 0,923 | 0,091 | 0,928 |
| 8 | DW | 1,955 | 0,050 | 1,866 | 0,050 |
| 9 | R/S | 5,375 | – | 4,802 | – |
| 10 | K^2 | 0,880 | 0,644 | 1,858 | 0,395 |
| 11 | W | 0,995 | 0,676 | 0,994 | 0,519 |
| 12 | c_2 | 9,854 | 0,362 | 5,470 | 0,792 |
| 13 | r_{x1} | 0,011 | 0,865 | 0,049 | 0,448 |
| 14 | r_{x2} | 0,034 | 0,600 | 0,035 | 0,593 |

Источник. Рассчитано авторами.

Из данных табл. 1 и 2 видно, что все модели с допущением для второй модели, которая не удовлетворяет статистическому критерию на случайность по ряду остатков на уровне значимости 5 %, являются адекватными. Можно сделать вывод, что проведенные статистические тесты не выявили наилучшую из них.

Применение методики выбора наилучшей модели с учетом приоритетов развития регионов, развитой на основе [34] также не выявило наилучшую из них, как показано в табл. 3. В качестве дополнительного критерия, учитывающего приоритет, использована формула:

Таблица 3. Результаты оценки моделей по критерию приоритета
 Table 2. Results of assessment of models according to the priority criterion

| № п/п | Модель | K_{mod} |
|-------|--|-----------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | ВРПИ, ОФПУС, И | 1,051 |
| 2 | ВРП _{сц, ид} по регионам, ОФ _{сг, обс, сц} | 1,064 |
| 3 | ВРП _{сц, ид} по регионам, ОФ _{сг, пус, сц} | 1,055 |
| 4 | ВРП _{сц, ид} по России, ОФ _{сг, пус, сц} | 1,055 |
| 5 | ВРП _{сц, ид} по России, ОФ _{сг, обс, сц} | 1,054 |

Источник: рассчитано авторами.

$$K_{mod} = \min_{mod} \left(\frac{1}{K+T} \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \xi_{mod,k}(t) \right), \quad (14)$$

где $\xi_{mod,k}(t)$ – рассчитанный по формуле (3), частный результирующий показатель; mod – тип (номер) модели или методики, которая взята за основу при расчете факторов в скорректированных ценах; K – число элементов (областей); T – число периодов.

Чем приоритетней направление развития региона, тем строже (сумма значений, вычисленных по одной из нормативных моделей, выше, чем сумма значений, вычисленных по остальным моделям, следовательно, сумма значений показателя результативности меньше) должен быть норматив, что и отражает формула (14).

Как видно из данных табл. 3, значения критерия приоритета для моделей близки друг другу (отличия незначительны), что не дает оснований идентифицировать одну из них как наилучшую.

Тогда в этом случае для оценки результатов функционирования областей целесообразно использовать интегральный показатель, представленный формулой (4), за счет свертки частных показателей, вычисленных по разным моделям. Это соответствует тому, что осуществляется свертка методик, по которым корректировались ВРП и основные фонды с целью учета изменения

цен и приведения факторов к сопоставимому виду.

Результаты оценки для областей ЦФО представлены на рис. 1 и 2.

На рис. 1 и 2 линия 1 характеризует значения норматива (норматив равен единице); линия 2 – значения индикатора, рассчитанные по первой модели ВРП_и, ОФ_{пус, и}; 3 – ВРП_{сц, ид} по регионам, ОФ_{сг, обс, сц}; 4 – ВРП_{сц, ид} по регионам, ОФ_{сг, пус, сц}; 5 – ВРП_{сц, ид} по России, ОФ_{сг, пус, сц}; 6 – ВРП_{сц, ид} по России, ОФ_{сг, обс, сц}; 7 – значения интегрального показателя результативности.

Видно, что показатели результативности имеют сходные тенденции. При этом интегральный показатель усредняет частные показатели, что отражено на рис. 1 и 2.

За счет квадратичной свертки происходит объединение фактических и нормативных результатов функционирования областей, что в данном случае соответствует обобщению методик, которые выбраны для корректировки стоимостных показателей, в частности ВРП и основных фондов. Это дает возможность признанные адекватными методики оценки и построенные на их основе адекватные модели обобщить и сформировать интегральную характеристику функционирования социально-экономических систем.

В случае вычисления обобщенного нормативного значения используется

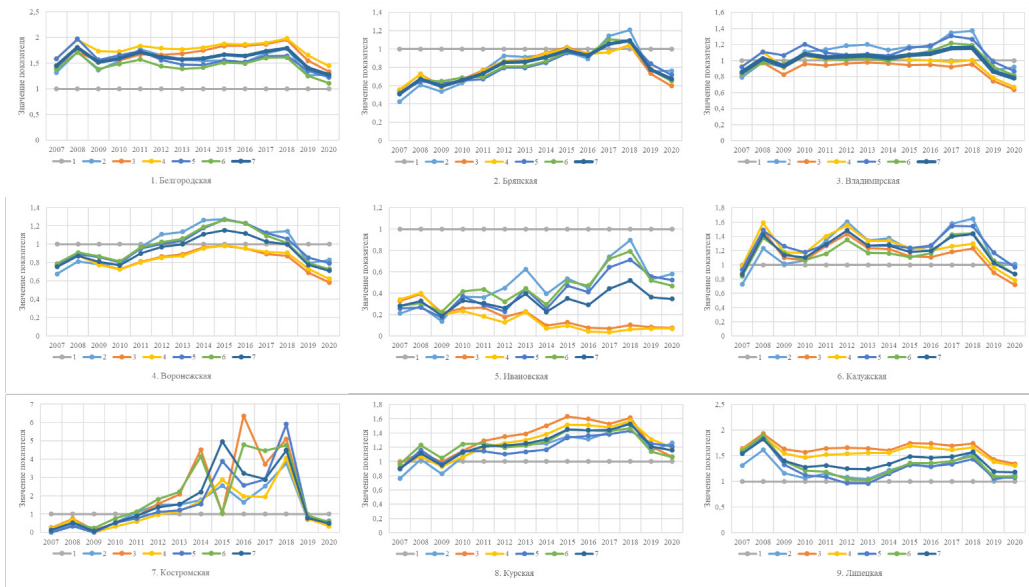


Рис. 1. Значения интегрального и частных показателей результативности (Белгородская – Липецкая области)

Fig. 1. The values of integral and partial performance indicators (Belgorod – Lipetsk regions)

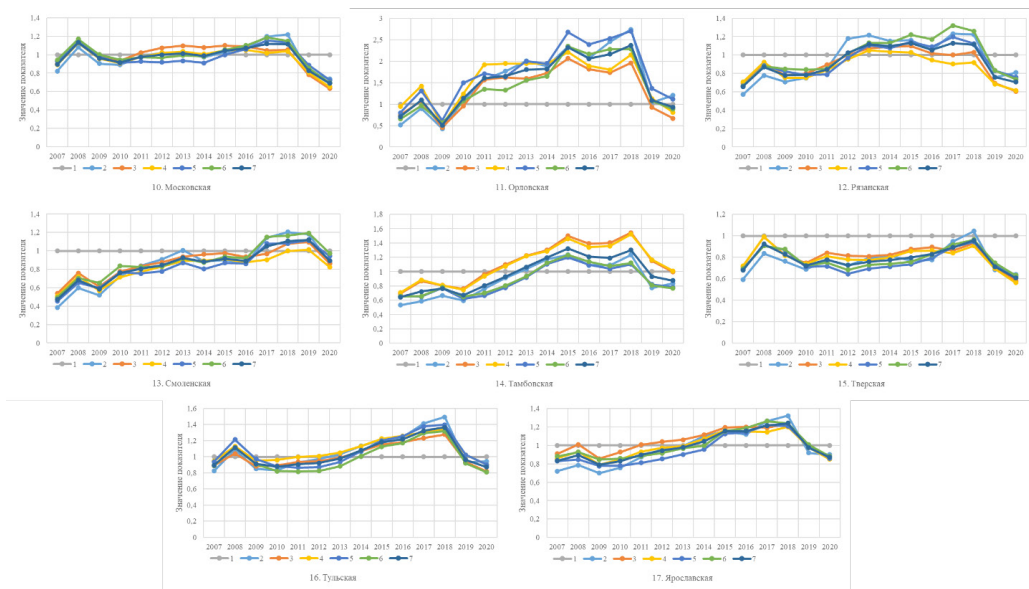


Рис. 2. Значения интегрального и частных показателей результативности (Московская – Ярославская области)

Fig. 2. The values of integral and partial performance indicators (Moscow – Yaroslavl regions)

агрегированная производственная функция, представляющая собой квадратичную свертку частных моделей – ПФ, используемых для расчета частных индикаторов результативности, соответствующих

определенной методике корректировки стоимостных факторов, в данном случае основных фондов и ВРП.

Значения интегрального показателя за последние 5 лет представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты оценки функционирования областей Центрального федерального округа по интегральному показателю

Table 4. The assessment functioning results of the CFD regions by the integral indicator

| Номер области | Период | | | | |
|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 1,645 | 1,735 | 1,793 | 1,406 | 1,276 |
| 2 | 0,928 | 1,056 | 1,094 | 0,774 | 0,674 |
| 3 | 1,081 | 1,151 | 1,156 | 0,863 | 0,78 |
| 4 | 1,116 | 1,028 | 0,997 | 0,773 | 0,71 |
| 5 | 0,291 | 0,443 | 0,519 | 0,364 | 0,347 |
| 6 | 1,197 | 1,398 | 1,433 | 1,025 | 0,87 |
| 7 | 3,228 | 2,909 | 4,488 | 0,789 | 0,495 |
| 8 | 1,439 | 1,442 | 1,526 | 1,209 | 1,156 |
| 9 | 1,460 | 1,480 | 1,573 | 1,191 | 1,183 |
| 10 | 1,073 | 1,119 | 1,115 | 0,826 | 0,688 |
| 11 | 2,059 | 2,161 | 2,367 | 1,09 | 0,93 |
| 12 | 1,054 | 1,129 | 1,111 | 0,76 | 0,706 |
| 13 | 0,889 | 1,05 | 1,106 | 1,12 | 0,895 |
| 14 | 1,207 | 1,191 | 1,301 | 0,932 | 0,874 |
| 15 | 0,829 | 0,892 | 0,958 | 0,714 | 0,607 |
| 16 | 1,219 | 1,321 | 1,365 | 0,962 | 0,871 |
| 17 | 1,158 | 1,216 | 1,242 | 0,975 | 0,873 |

Примечание: номера областей соответствуют номерам областей, представленным на рис. 1 и 2.

Источник: рассчитано авторами.

Значения частных индикаторов результативности для Тульской области представлены в табл. 5.

На основании того, что динамика показателей, рассчитанных по моделям, сходна, а также расчета критериев, которые не дали возможности выявить наилучшую из моделей, а следовательно, и методику корректировки стоимостных показателей, можно сделать вывод, что изучаемый процесс инвариантен относительно моделей, факторов и методик,

использованных при приведении их сопоставимому виду.

5. Обсуждение

Действительно, результаты расчета, представленные на рис. 1 и 2, показывают сходную динамику изменения частных и интегральных показателей результативности, полученных с использованием различных методик приведения стоимостных характеристик к сопоставимому виду. По сути, они дают

Таблица 5. Результаты оценки функционирования Тульской области ЦФО по интегральному и частным показателям

Table 5. The assessed results of the Tula region functioning by the integral and partial indicators

| Модель (индикатор) | Период | | | | |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| 2. ВРП _{ир} , ОФ _{пус, и} | 1,244 | 1,414 | 1,493 | 0,930 | 0,942 |
| 3. ВРП _{сц, ид} по регионам, ОФ _{сг, обс, сц} | 1,181 | 1,232 | 1,277 | 0,933 | 0,819 |
| 4. ВРП _{сц, ид} по регионам, ОФ _{сг, пус, сц} | 1,258 | 1,301 | 1,345 | 1,023 | 0,901 |
| 5. ВРП _{сц, ид} по России, ОФ _{сг, пус, сц} | 1,252 | 1,375 | 1,398 | 1,022 | 0,901 |
| 6. ВРП _{сц, ид} по России, ОФ _{сг, обс, сц} | 1,169 | 1,294 | 1,318 | 0,920 | 0,806 |
| 7. Обобщенная модель (индикатор) | 1,219 | 1,321 | 1,365 | 0,962 | 0,871 |

Источник: рассчитано авторами.

интервал оценок объема ВРП в период 2007–2020 гг. с учетом конкретных условий (имеющихся основных фондов и трудовых ресурсов) для областей ЦФО, что аналогично результатам, полученным Ortis [31]. Значение показателя выше норматива является свидетельством того, что результат функционирования региона удовлетворительный.

Например, рассмотрим Белгородскую область и результат ее оценки в 2020 г. На рис. 1 видно, что наибольшее значение ($x = 1,450$) соответствует модели 4 (ВРП_{сц, ид} по регионам, ОФ_{сг, пус, сц}), а наименьшее ($x = 1,112$) – модели 6 (ВРП_{сц, ид} по России, ОФ_{сг, обс, сц}).

Интерпретировать такой результат можно следующим образом. Значение, вычисленное по модели 4, выше единицы, что означает удовлетворительное функционирование региона, а эффективность используемых ресурсов – среднегодовых факторов – является приемлемым в рамках изменения цен в области. Аналогичный вариант (индикатор больше единицы) характерен и для модели 6, однако значение показателя ниже, чем значение, рассчитанное по модели 4.

Это может свидетельствовать о том, что на фоне общероссийских трендов изменения цен (использован

индекс-дефлятор для России в целом) Белгородская область функционирует несколько хуже. В части анализа стоимости ОФ можно сделать предположение об их излишнем износе, что приводит к более низкому значению показателя результативности относительно значения, полученного по модели 4. Такой результат может служить основанием для разработки мер, направленных на модернизацию ОФ в Белгородской области.

Для Тульской области максимальное значение показателя ($x = 0,942$) дает модель 2 (ВРП_{ир}, ОФ_{пус, и}), наименьшее, как и в Белгородской области ($x = 0,806$), соответствует модели 6 (ВРП_{сц, ид} по России, ОФ_{сг, обс, сц}), как показано на рис. 2 и в табл. 5. При этом значение показателей меньше единицы, что позволяет сделать вывод о том, что результаты функционирования региона не соответствуют нормативу. В течение последних двух лет значения частных и интегрального показателя уменьшаются, что свидетельствует об ухудшении экономики региона в целом.

Сложившаяся ситуация требует разработки мер, направленных на развитие экономики, в том числе мер, связанных с трудовыми ресурсами и обновлением основных фондов. Например, в рамках реализуемого в регионе Национального

проекта «Производительность труда и содействие занятости» рекомендуется создать центр компетенций «Эффективность». Основным направлением деятельности центра должно быть содействие распространению на предприятиях – участниках программы положительного опыта и обучения повышению эффективности использования основных фондов, обоснования инвестиционных решений, сбалансированных по используемым ресурсам, в том числе трудовым. В рамках указанной программы следует разработать мероприятия, направленные на стимулирование перехода работников из отраслей с избыточной занятостью в отрасли с недостаточной занятостью. В качестве рекомендации региональным органам управления можно предложить разработку программы модернизации и обновления основных фондов с региональной и федеральной поддержкой и привлечением инвестиций, в том числе для обрабатывающих производств, которые дают наибольший вклад (около 40%) в ВРП Тульской области. Для более детальной разработки мероприятий необходимо рассматривать каждый из видов деятельности отдельно и анализировать динамику изменения ОФ и занятости в рамках построенных моделей.

Для других областей можно применить аналогичную логику получения результатов анализа с целью дальнейшей разработки адресных мероприятий.

Для Костромской области наблюдались сильные колебания в значениях показателей результативности в период с 2014 по 2018 г., что может свидетельствовать о имевшейся несбалансированности экономики региона. Кроме того, объем ВРП области, представленный в абсолютном выражении, являлся одним из самых низких среди 17 областей Центрального федерального округа, а следовательно, и норматив для нее тоже минимальный. В соответствии с процедурой приведения фактических и нормативных

значений к шкале от 0 до 1 приведенные и фактические и нормативные значения оказались близкими к 0. Поскольку, согласно формуле (3), частный показатель результативности определяется их отношением, то результат может давать существенные отклонения от 1 в связи с близостью к 0 составляющих выражения. Это также может являться одним из объяснений нетипичных по сравнению с остальными регионами колебаний индикатора.

В 2020 г. наибольшие значения интегрального показателя результативности наблюдались в Белгородской ($x = 1,276$), Липецкой ($x = 1,183$) и Курской ($x = 1,156$) областях. Для остальных областей значения показателя результативности меньше единицы, причем наихудшими из регионов оказались Ивановская ($x = 0,347$), Костромская ($x = 0,495$) и Тверская ($x = 0,674$) области. Можно заключить, что экономика большинства областей Центрального федерального округа не достигает нормативных значений, а следовательно, имеющиеся ресурсы используются недостаточно эффективно.

Динамика изменения значений частных и интегральных показателей результативности показывает наличие негативных тенденций в большинстве областей ЦФО, начиная с 2019 г., хотя в абсолютном выражении объем ВРП растет. Можно заключить, что в случае, если непосредственно сравнивать объем ВРП, то можно получить некорректные суждения о том, какая из областей является более успешной, поскольку они функционируют в различных условиях. Наличие возможности провести корректный сравнительный анализ разнокачественных социально-экономических систем отличает предложенную методологию оценки от используемых в настоящее время, например представленных в работах Sun et al. [32] и Dudek et al. [33].

Поскольку большинство работ, посвященных оценке результатов функционирования социально-экономических систем с использованием ВРП или ВВП,

основано на собственных наборах данных, то согласованность полученных результатов можно оценить приближенно с помощью статистических критериев. Если оценивать качество моделей, например, по R^2 , то для всех моделей его значение близко к единице и выше значений, полученных в [18, 22–25], а результаты тестов DW сравнимы между собой. Это подтверждает сходимость результатов с известными решениями, полученными в близких по тематике исследованиях.

Полученные модели со статистически оцененными параметрами построены по данным для областей Центрального федерального округа, что накладывает ограничение на область их применимости. При рассмотрении других субъектов Российской Федерации необходимо строить другие модели. При этом сама методология оценки останется неизменной, в том числе при расширении области исследования, включая увеличение количества результативных признаков с различным качественным содержанием и влияющими факторами, характеризующими условия функционирования социально-экономических систем, ее подсистем и элементов или систем другого типа, например, иерархических социально-эколого-экономических систем.

Кроме того, результаты показывают, что представленные модели адекватно описывают процесс изменения ВРП в областях Центрального федерального округа, и в соответствии с выбранными статистическими критериями и критерием, учитывающим приоритеты развития регионов, нет оснований для выбора наилучшей модели. Следовательно, они являются равнозначными и могут быть использованы для моделирования функционирования социально-экономических систем.

Это подтверждает поставленную гипотезу об инвариантности процесса изменения объема ВРП в регионах Центрального федерального округа

относительно моделей, факторов и методик приведения стоимостных характеристик к сопоставимому виду.

6. Заключение

В исследовании проведена оценка результатов функционирования областей Центрального федерального округа на базе авторской методологии, которая позволяет вычислить частные и интегральные показатели результативности на основе производственных функций и методик, используемых для приведения факторов к сопоставимому виду.

Отличием методологии является то, что с ее помощью можно учитывать конкретные условия функционирования регионов и формировать собственный динамический норматив, который является критерием устойчивого развития субъектов Российской Федерации. Представлен критерий, позволяющий осуществить выбор модели с учетом приоритетов развития регионов.

Показано, что в случае, когда ни статистические критерии, ни критерий приоритета не дают возможности выбрать лучшую модель из имеющегося набора, целесообразно использовать процедуру агрегирования методик, что не встречалось в исследованиях последних лет. Это решает проблему выбора моделей за счет формирования обобщенного (интегрального) показателя для оценки результатов функционирования социально-экономических систем, построенного с использованием совокупности адекватных моделей.

Адекватность моделей и идентичность изменения частных показателей результативности функционирования регионов Центрального федерального округа, построенных на основе фактических и нормативных значений скорректированного по ценам объема ВРП в зависимости от скорректированного фактора «основные фонды» и среднегодовой численности занятых, позволила сделать вывод об инвариантности изучаемого процесса относительно моделей,

факторов, методик корректировки, приводящих стоимостные показатели к сопоставимому виду.

Полученный результат подтвердил поставленную гипотезу. Можно предположить, что выводы об инвариантности процесса изменения объема ВРП можно распространить и на другие экономические явления, что является предметом отдельного исследования.

Цель исследования, заключающаяся в оценке результатов функционирования регионов на основе производственных функций при условии инвариантности процесса изменения объема ВРП относительно моделей, факторов и методик их приведения к сопоставимому виду, достигнута.

Теоретическая значимость исследования заключается в возможности расширения области применимости представленной методологии, позволяющей проводить оценку разнокачественных и разноуровневых социально-экономических систем, а частные и интегральные показатели результативности можно использовать в качестве корректного инструмента оценки и анализа функционирования регионов.

Практическая значимость результатов может послужить основой для разработки управленческих решений и формирования мероприятий, которые дадут возможность обеспечить устойчивое развитие областей Центрального федерального округа.

Список использованных источников

1. Мухеева Н.Н. Возможные альтернативы показателю валового регионального продукта // Проблемы прогнозирования. 2020. № 1 (178). С. 32–42. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_42942028_77602670.pdf
2. Мухеева Н.Н. «Новые» региональные пропорции: результаты пересчета валового регионального продукта // Проблемы прогнозирования. 2022. № 3 (192). С. 78–88. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-192-78-88>
3. Одинцов Б.Е. Сбалансированно-целевое управление развитием предприятия: модели и технологии: научное издание. М. : Вузовский учебник, ИНФРА-М, 2017. 162 с. URL: <http://xn--100-5cd3h.xn--plai/static/media/books/1324759e-4783-11e8-963a-005056bf1e2a.pdf>
4. Лухтеништейн В.Е., Росс Г.В. Введение в теорию развития. М. : Финансы и статистика, 2022. 328 с. URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=400988>
5. Dreyer J.K., Schmid P.A. Growth effects of EU and EZ memberships: Empirical findings from the first 15 years of the Euro // Economic Modelling. 2017. Vol. 67. Pp. 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.09.007>
6. Sayaria N., Saria R., Hammoudehb S. The impact of value added components of GDP and FDI on economic freedom in Europe // Economic Systems. 2018. Vol. 42, Issue 2. Pp. 282–294. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2017.03.003>
7. Wang L., Rang X., Mu L. The Coupling Coordination Evaluation of Sustainable Development between Urbanization, Housing Prices, and Affordable Housing in China // Discrete Dynamics in Nature and Society. Vol. 2021. Article ID 3937226. <https://doi.org/10.1155/2021/3937226>
8. Zhu Zh., Gang D. Coordinated Development of Urban Land Use and Ecological Economics in China // Journal of Mathematics. Vol. 2021. Article ID 5599633. <https://doi.org/10.1155/2021/5599633>
9. Zhu X., Zhao Z., Yan R. Coupling Coordinated Development of Population, Marine Economy, and Environment System: A Case in Hainan Province, China // Journal of Coastal Research. 2019. Vol. 98, Issue sp1. Pp. 18–21. <https://doi.org/10.2112/S198-005.1>
10. Charfeddine L., Mrabet Z. The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: A panel data analysis for 15 MENA countries // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 76. Pp. 138–154. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.031>

11. *Lin B., Benjamin I.N.* Causal relationships between energy consumption, foreign direct investment and economic growth for MINT: Evidence from panel dynamic ordinary least square models // *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 197, Part 1. Pp. 708–720. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.152>
12. *Zhenhua W., Guangsheng Z.* Industrial policy, production efficiency improvement and the Chinese county economic growth // *Proceedings of Rijeka Faculty of Economics: Journal of Economics and Business*. 2016. Vol. 34, No. 2. Pp. 505–528. <https://doi.org/10.18045/zbe-fri.2016.2.505>
13. *Sáenz L.F.* Time-varying capital intensities and the hump-shaped evolution of economic activity in manufacturing // *Journal of Macroeconomics*. 2022. Vol. 73. P. 103429. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2022.103429>
14. *Макаров В.Л., Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Бахтизин А.Р., Нанавян А.М.* Моделирование развития экономики региона и эффективность пространства инноваций // *Форсайт*. 2016. Т. 10, № 3. С. 76–90. <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.3.76.90>
15. *Chernavskii S.* Problems of Increasing Overall Efficiency in the Russian Gas Sector // *Problems of Economic Transition*. 2016. Vol. 58, No. 2. Pp. 142–161. <https://doi.org/10.1080/10611991.2016.1166908>
16. *Абдикеев Н.М., Иванюк В.А., Пащенко Ф.Ф.* Долгосрочное прогнозирование макроэкономических показателей (на примере ВВП) // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 8–1. С. 110–114. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41630>
17. *Жуков Р.А., Козлова Н.А., Манохин Е.В., Плинская М.А.* Построение агрегированной производственной функции с реализацией на примере регионов Центрального федерального округа // *Бизнес-информатика*. 2022. Т. 16, № 3. С. 7–23. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2022.3.7.23>
18. *Афанасьев А.А., Пономарева О.С.* Народнохозяйственная производственная функция России с учетом инфраструктуры в 1990–2020 гг. // *Проблемы рыночной экономики*. 2022. № 3. С. 16–28. <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-3-16-28>
19. *Ханин Г.И., Фомин Д.А.* Постсоветское общество и российская макроэкономическая статистика // *Мир России*. 2017. Т. 26, № 2. С. 62–81. <https://mirros.hse.ru/article/view/4874>
20. *Skufina T., Baranov S., Samarina V., Shatalova T.* Production functions in identifying the specifics of producing gross regional product of Russian Federation // *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 2015. Vol. 6, No. 5. Pp. 265–270. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n5s3p265>
21. *Брянцева И.В., Андреева И.А.* Прогнозирование инвестиций в основной капитал // *Вестник Тихоокеанского государственного университета*. 2019. № 4 (55). С. 109–118. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41685001>
22. *Афанасьев А.А., Пономарева О.С.* Производственная функция народного хозяйства России в 1990–2012 гг. // *Экономика и математические методы*. 2014. Т. 50, № 4. С. 21–33. URL: <http://www.cemi.rssi.ru/emm/files/2014-04-Afanasev-Ponomareva.pdf>
23. *Бышков В.А.* Оценка вклада научно-технического прогресса в реальный ВВП России // *Экономическая наука современной России*. 2022. № 3 (98). С. 46–64. [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3\(98\)-46-64](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3(98)-46-64)
24. *Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В.* Метод кластеризации регионов РФ с учетом отраслевой структуры ВВП // *Прикладная эконометрика*. 2016. № 1 (41). С. 24–46. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25781257>
25. *Бураков Н.А., Бухвальд Е.М., Кольчугина А.В., Рубинштейн А.Я., Славинская О.А., Слуцкий Л.Н.* Региональный индекс экономического развития и ранжирование субъектов Российской Федерации / под ред. Е.М. Бухвальда, А.Я. Рубинштейна. М. : Институт экономики РАН, 2019. 72 с. URL: http://www.imepi-eurasia.ru/baner/Bukhvald_Rubinstein_paper_2019.pdf

26. *Huawei T.* Does gross domestic product, inflation, total investment, and exchanges rate matter in natural resources commodity prices volatility // *Resources Policy*. 2022. Vol. 79. P. 103013. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103013>
27. *Alabi O., Turner K., Katris A., Calvillo C.* Can network spending to support the shift to electric vehicles deliver wider economy gains? The role of domestic supply chain, price, and real wage effects // *Energy Economics*. 2022. Vol. 110. P. 106001. <https://doi.org/10.1016/j.ene-co.2022.106001>
28. *Zhang S., Chen C., Huang D.-H., Hu L.* Measurement of factor price distortion: A new production function method with time-varying elasticity // *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. Vol. 175. P. 121363. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121363>
29. *Kuma B., Gata G.* Factors affecting food price inflation in Ethiopia: An autoregressive distributed lag approach // *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023. Vol. 12. P. 100548. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100548>
30. *Boug P.* Fiscal policy, macroeconomic performance and industry structure in a small open economy // *Journal of Macroeconomics*. 2023. Vol. 76. P. 103524. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2023.103524>
31. *Ortis F.* A Comparative Analysis of Inflation-Adjusted and Historical Cost Accounting Information: Implications for the Value Relevance of Corporate Reports // *Trends Economics and Management*. 2019. Vol. 33, Issue 13. Pp. 35–50. <https://doi.org/10.13164/trends.2019.33.35>
32. *Sun X., Liu X., Li F., Tao Y., Song Y.* Comprehensive evaluation of different scale cities sustainable development for economy, society, and ecological infrastructure in China // *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 163. Pp. 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.002>
33. *Dudek M., Bashynska I., Filyppova S., Yermak S., Cicho D.* Methodology for assessment of inclusive social responsibility of the energy industry enterprises // *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 394. P. 136317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136317>
34. *Zhukov R., Kuznetsov G., Manokhin E., Gorodnichev S., Nazyrova E., Melay E.* Comparative analysis of results of assessing the Central Federal District's regions' economic development by using linear and non-linear models // *Statistika*. 2019. Vol. 99, Issue 3. Pp. 272–286. URL: https://www.czso.cz/documents/10180/88506454/32019719q3_272_zhukov_analyses.pdf/49286923-9731-4ded-ba2f-18640e46474c?version=1.0
35. Клейнер Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение. М. : Финансы и статистика, 1986. 239 с. URL: <https://kleiner.ru/pubs/proizvodstvennyie-funktsii-teoriya-metodyi-primenenie-2/>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Жуков Роман Александрович

Доктор экономических наук, доцент, научный сотрудник Тульского филиала Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Тула, Россия (300012, г. Тула, ул. Оружейная, 1а); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2280-307X> e-mail: pluszh@mail.ru

Плинская Мария Александровна

Студент Тульского филиала Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Тула, Россия (300012, г. Тула, ул. Оружейная, 1а); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1307-0935> e-mail: plinskaya@gmail.com

Манохин Евгений Викторович

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и информатики Тульского филиала Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Тула, Россия (300012, г. Тула, ул. Оружейная, 1а); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6711-3737> e-mail: emanfinun@mail.ru

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Правительства Тульской области (договор ДС/124 от 22.07.2022 г.)

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Жуков Р.А., Плинская М.А., Манохин Е.В. Оценка функционирования регионов на основе производственных функций с приведенными стоимостными факторами // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 657–682. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.027>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 14 апреля 2023 г.; дата поступления после рецензирования 30 мая 2023 г.; дата принятия к печати 19 июня 2023 г.

Assessment of the Regions Functioning Based on Production Functions with the Above Cost Factors

Roman A. Zhukov  , Maria A. Plinskaya , Evgeny V. Manokhin 

Tula Branch Financial University under the Government
of the Russian Federation,
Tula, Russia

 pluzsh@mail.ru

Abstract. When modeling the growth of a regional economy by means of production functions, a problem arises of choosing models, factors and methods for adjusting cost characteristics in order to obtain adequate and accurate models, as well as the characteristics of integral and partial indicators of performance that provide a correct assessment and analysis of the performance of the regions of Russia. Such a problem becomes especially significant if the models are adequate and accurate, and, consequently, the process under study is invariant with respect to the models, factors and calculation methods used. The aim of the study is to estimate the results of the regions' performance on the basis of production functions, provided that the process of changing the volume of GDP by region is invariant with respect to models, factors and methods of bringing them to a comparable form when modeling the growth of the Russia regional economy. The hypothesis of the investigation is the invariance of the process of the change of the volume of GDP by region relative to the models, factors and methods used to bring the cost indicators to a comparable form. The study used data on the CFD regions (2007–2020). As a result, five models were constructed, the factors of which were calculated in five different ways, taking into account both price changes and average annual characteristics. It was determined that partial indicators have similar dynamics. At the same time, statistical tests and the author's methodology for choosing a model that would take into account the priorities of regional development did not allow for identifying the best of them. This allowed us to conclude that the process under study is invariant with respect to the models and correction techniques used. To solve the problem of choosing models for evaluating the regions' performance results, it is proposed that an integral performance indicator should be applied that summarizes the calculation methods used. This would reduce the influence of subjectivity of such a choice. The theoretical significance lies in the possibility of applying the methodology to form integral and partial indicators of performance for arbitrary socio-economic systems. The practical significance of the conducted research lies in the fact that the results obtained can be used to design activities that would be aimed at ensuring the CFD regions' sustainable development.

Key words: gross regional product; production function; socio-economic system; price change; integral indicator; estimation; analysis.

JEL C10, C43, P25, R15, R11

References

1. Mikheeva, N.N. (2020). Vozmozhnye alternativy pokazatelyu valovogo regionalnogo produkta (Possible alternatives to the gross regional product indicator). *Problemy prognozirovaniia (Studies on Russian Economic Development)*, No. 1 (178), 32–42. (In Russ.). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_42942028_77602670.pdf
2. Mikheeva, N.N. (2022). «Novye» regionalnye proporsii: rezultaty perescheta valovogo regional'nogo produkta ("New" regional proportions: results of calculating gross regional prod-

- uct). *Problemy prognozirovaniia (Studies on Russian Economic Development)*, No. 3 (192), 78–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.47711/0868-6351-192-78-88>
3. Odintsov, B.E. (2017). *Sbalansirovanno-tselevoe upravlenie razvitiem predpriiatiia: modeli i tekhnologii [Balanced and targeted management of corporate development: Models and technologies]*. Moscow, INFRA-M, 2017. 162 p. (In Russ.). Available at: <http://xn--100-5cd3h.xn--plai/static/media/books/1324759e-4783-11e8-963a-005056bf1e2a.pdf>
 4. Likhtenshtein, V.E., Ross, G.V. (2022). *Vvedenie v teoriyu razvitiia [An introduction to development theory]*. Moscow, Finansy i statistika. (In Russ.). Available at: <https://znanium.com/catalog/document?id=400988>
 5. Dreyer, J.K., Schmid, P.A. (2017). Growth effects of EU and EZ memberships: Empirical findings from the first 15 years of the Euro. *Economic Modelling*, Vol. 67, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.09.007>
 6. Sayaria, N., Saria, R., Hammoudehb, S. (2018). The impact of value added components of GDP and FDI on economic freedom in Europe. *Economic Systems*, Vol. 42, Issue 2, 282–294. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2017.03.003>
 7. Wang, L., Rang, X., Mu, L. (2021). The Coupling Coordination Evaluation of Sustainable Development between Urbanization, Housing Prices, and Affordable Housing in China, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, Vol. 2021, 3937226. <https://doi.org/10.1155/2021/3937226>
 8. Zhu, Zh., Gang, D. (2021). Coordinated Development of Urban Land Use and Ecological Economics in China, *Journal of Mathematics*, Vol. 2021, 5599633. <https://doi.org/10.1155/2021/5599633>
 9. Zhu, X., Zhao, Z., Yan, R. (2019). Coupling Coordinated Development of Population, Marine Economy, and Environment System: A Casein Hainan Province, China. *Journal of Coastal Research*, Vol. 98, Issue spl, 18–21. <https://doi.org/10.2112/SI98-005.1>
 10. Charfeddine, L., Mrabet, Z. (2017). The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: A panel data analysis for 15 MENA countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 76, 138–154. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.031>
 11. Lin, B., Benjamin, I.N. (2018). Causal relationships between energy consumption, foreign direct investment and economic growth for MINT: Evidence from panel dynamic ordinary least square models. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 197, Part 1, 708–720. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.152>
 12. Zhenhua, W., Guangsheng, Z. (2016). Industrial policy, production efficiency improvement and the Chinese county economic growth. *Proceedings of Rijeka Faculty of Economics: Journal of Economics and Business*, Vol. 34, No. 2, 505–528. <https://doi.org/10.18045/zbefri.2016.2.505>
 13. Sáenz, L.F. (2022). Time-varying capital intensities and the hump-shaped evolution of economic activity in manufacturing. *Journal of Macroeconomics*, Vol. 73, 103429. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2022.103429>
 14. Makarov, V.L., Aivazian, S.A., Afanasyev, M.Iu., Bakhtizin, A.R., Nanavian, A.M. (2016). Modelirovanie razvitiia ekonomiki regiona i effektivnost prostranstva innovatsii (Modeling the Development of Regional Economy and an Innovation Space Efficiency). *Forsait (Foresight and STI Governance)*, Vol. 10, No. 3, 76–90. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.3.76.90>
 15. Chernavskii, S. (2016). Problems of Increasing Overall Efficiency in the Russian Gas Sector. *Problems of Economic Transition*, Vol. 58, No. 2, 142–161. <https://doi.org/10.1080/10611991.2016.1166908>
 16. Abdikeyev, N.M., Ivaniuk, V.A., Pashchenko, F.F. (2017). Dolgosrochnoe prognozirovanie makroekonomicheskikh pokazatelei (na primere VVP) (Long-term macroeconomic parameters forecasting (on the example of GDP) overview regression analysis)). *Fundamental'nye issledovaniia (Fundamental Research)*, No. 8–1, 110–114. (In Russ.). Available at: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41630>

17. Zhukov, R.A., Kozlova, N.A., Manokhin, E.V., Plinskaia, M.A. (2022). Postroenie agregirovannoi proizvodstvennoi funktsii s realizatsiei na primere regionov Tsentralnogo federal'nogo okruga (Construction of an aggregated production function with implementation based on the example of the regions of the Central Federal District of the Russian Federation). *Biznes-informatika (Business Informatics)*, Vol. 16, No. 3, 7–23. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2022.3.7.23>
18. Afanasyev, A.A., Ponomareva, O.S. (2022). Narodnokhoziaistvennaia proizvodstvennaia funktsiia Rossii s uchetom infrastruktury v 1990-2020 gg. (Russian macroeconomic production function in regard to infrastructure for 1990-2020). *Problemy rynochnoi ekonomiki (Market Economy Problems)*, No. 3, 16–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-3-16-28>
19. Khanin, G.I., Fomin, D.A. (2017). Postsovetskoe obshchestvo i rossiiskaia makroekonomicheskaiia statistika (Post-Soviet Society and Russia's Macroeconomic Statistics). *Mir Rossii (Universe of Russia)*, Vol. 26, No. 2, 62–81. (In Russ.). <https://mirros.hse.ru/article/view/4874>
20. Skufina, T., Baranov, S., Samarina, V., Shatalova, T. (2015). Production functions in identifying the specifics of producing gross regional product of Russian Federation. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, Vol. 6, No. 5, 265–270. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n5s3p26>
21. Briantseva, I.V., Andreeva, I.A. (2019). Prognozirovanie investitsii v osnovnoi kapital (Forecasting of Investment in Fixed Capital). *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of PNU)*, No. 4 (55), 109–118. (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41685001>
22. Afanasyev, A.A., Ponomareva, O.S. (2014). Proizvodstvennaia funktsiia narodnogo khoziaistva Rossii v 1990-2012 gg. (The Aggregate Production Function of Russian Economy in 1990–2012). *Ekonomika i matematicheskie metody (Economics and Mathematical Methods)*, Vol. 50, No. 4, 21–33. (In Russ.). Available at: <http://www.cemi.rssi.ru/emm/files/2014-04-Afanasev-Ponomareva.pdf>
23. Byvshev, V.A. (2022). Otsenka vklada nauchno-tekhnicheskogo progressa v realnyi VVP Rossii (Assessment of the Contribution of Scientific and Technological Progress to the Real GDP of Russia). *Ekonomicheskaiia nauka sovremennoi Rossii (Economics of Contemporary Russia)*, No. 3 (98), 46–64. (In Russ.). [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3\(98\)-46-64](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3(98)-46-64)
24. Aivazian, C.A., Afanasyev, M.Iu., Kudrov, A.V. (2016). Metod klasterizatsii regionov RF s uchetom otraslevoi struktury VPR (Clustering methodology of the Russian Federation regions with account of sectoral structure of GRP). *Prikladnaia ekonometrika (Applied Econometrics)*, No. 1 (41), 24–46. (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25781257>
25. Burakov, N.A., Bukhvald, E.M., Kolchugina, A.V., Rubinshtein, A.Ia., Slavinskaia, O.A., Slutskin, L.N. (2019). *Regionalnyi indeks ekonomicheskogo razvitiia i ranzhirovanie subyektov Rossiiskoi Federatsii (Regional Index of Economic Development and Ranking of the Subjects of the Russian Federation)*. Moscow, RAS Institute of Economics. (In Russ.). Available at: http://www.imepi-eurasia.ru/baner/Bukhvald_Rubinstein_paper_2019.pdf
26. Huawei, T. (2022). Does gross domestic product, inflation, total investment, and exchanges rate matter in natural resources commodity prices volatility. *Resources Policy*, Vol. 79, 103013. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103013>
27. Alabi, O., Turner, K., Katris, A., Calvillo, C. (2022). Can network spending to support the shift to electric vehicles deliver wider economy gains? The role of domestic supply chain, price, and real wage effects. *Energy Economics*, Vol. 110, 106001. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106001>
28. Zhang, S., Chen, C., Huang, D.-H., Hu, L. (2022). Measurement of factor price distortion: A new production function method with time-varying elasticity. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 175, 121363. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121363>
29. Kuma, B., Gata, G. (2023). Factors affecting food price inflation in Ethiopia: An autoregressive distributed lag approach. *Journal of Agriculture and Food Research*, Vol. 12, 100548. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100548>

30. Boug, P. (2023). Fiscal policy, macroeconomic performance and industry structure in a small open economy. *Journal of Macroeconomics*, Vol. 76, 103524. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2023.103524>
31. Ortis, F. (2019). A Comparative Analysis of Inflation-Adjusted and Historical Cost Accounting Information: Implications for the Value Relevance of Corporate Reports. *Trends Economics and Management*, Vol. 33, Issue 13, 35–50. <https://doi.org/10.13164/trends.2019.33.35>
32. Sun, X., Liu, X., Li, F., Tao, Y., Song, Y. (2017). Comprehensive evaluation of different scale cities sustainable development for economy, society, and ecological infrastructure in China. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 163, 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.002>
33. Dudek, M., Bashynska, I., Filyppova, S., Yermak, S., Cicho, D. (2023). Methodology for assessment of inclusive social responsibility of the energy industry enterprises. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 394, 136317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136317>
34. Zhukov, R., Kuznetsov, G., Manokhin, E., Gorodnichev, S., Nazyrova, E., Melay, E. (2019). Comparative analysis of results of assessing the Central Federal District's regions' economic development by using linear and non-linear models. *Statistika*, Vol. 99, Issue 3, 272–286. Available at: https://www.czso.cz/documents/10180/88506454/32019719q3_272_zhukov_analyses.pdf/49286923-9731-4ded-ba2f-18640e46474c?version=1.0
35. Kleiner, G.B. (1986). *Proizvodstvennyye funktsii: teoriia, metody, primeneniye [Production functions: Theory, methods, application]*. Moscow, Finansy i statistika. (In Russ.). Available at: <https://kleiner.ru/pubs/proizvodstvennyie-funktsii-teoriya-metodyi-primeneniye-2/>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Roman Aleksandrovich Zhukov

Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Researcher, Tula Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Tula, Russia (300012, Tula, Oruzheynaya street, 1a); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2280-307X> e-mail: pluszh@mail.ru

Maria Aleksandrovna Plinskaya

Student, Tula Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Tula, Russia (300012, Tula, Oruzheynaya street, 1a); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1307-0935> e-mail: plinskaya@gmail.com

Evgeny Viktorovich Manokhin

Candidate of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor, Department of Mathematics and Informatics, Tula Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Tula, Russia (300012, Tula, Oruzheynaya street, 1a); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6711-3737> e-mail: emanfinun@mail.ru

ACKNOWLEDGMENTS

The study was funded by a grant from the Government of the Tula region (agreement DS/124 dated 22.07.2022).

FOR CITATION

Zhukov, R.A., Plinskaya, M.A., Manokhin, E.V. (2023). Assessment of the Regions Functioning Based on Production Functions with the Above Cost Factors. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 657–682. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.027>

ARTICLE INFO

Received April 14, 2023; Revised May 30, 2023; Accepted June 19, 2023.