

Прогнозирование и управление развитием обрабатывающей промышленности региона на основе эконометрического моделирования и цифрового интерфейса



Марина Юрьевна МАЛКИНА

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского
Нижний Новгород, Российская Федерация
e-mail: mmuri@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-3152-3934; ResearcherID: M-2681-2017



Алексей Валерьевич СЕМЕНОВ

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского
Нижний Новгород, Российская Федерация
e-mail: semenov-av@iee.unn.ru
ORCID: 0000-0002-0518-6815



Ольга Владимировна КАПИТАНОВА

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского
Нижний Новгород, Российская Федерация
e-mail: mio6@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-9069-9238; ResearcherID: OSH-9923-2025



Дмитрий Юрьевич РОГАЧЕВ

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского
Нижний Новгород, Российская Федерация
e-mail: rogistyle@mail.ru
ORCID: 0000-0002-0683-3340

Для цитирования: Малкина М.Ю., Семенов А.В., Капитанова О.В., Рогачев Д.Ю. (2026). Прогнозирование и управление развитием обрабатывающей промышленности региона на основе эконометрического моделирования и цифрового интерфейса // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 19. № 2. С. 96–120. DOI: 10.15838/esc.2026.2.104.5

For citation: Malkina M.Yu., Semenov A.V., Kapitanova O.V., Rogachev D.Yu. (2026). Forecasting and managing the development of regional manufacturing based on econometric modeling and digital interface. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 19(2), 96–120. DOI: 10.15838/esc.2026.2.104.5

Аннотация. Статья посвящена моделированию, прогнозированию и сценарному управлению показателем отгрузки продукции обрабатывающей промышленности на примере Нижегородской области. Актуальность работы определяется потребностью органов власти и бизнеса в надежном инструменте для принятия стратегических решений в условиях экономической неопределенности. Основная цель исследования заключается в построении эконометрических моделей, обеспечивающих среднесрочные прогнозы отгрузки промышленной продукции, и разработке цифрового калькулятора с web-интерфейсом для анализа различных сценариев развития промышленного сектора. Научная новизна исследования: уточнен вид расширенной производственной функции Кобба – Дугласа с включением макроусловий; предложен и реализован подход к раздельному моделированию реальной и инфляционной составляющей показателя отгрузки промышленной продукции; предложен и реализован новый оригинальный методический прием к прогнозированию одного индекса цен на основе другого; предложены и реализованы новые подходы к сценарному моделированию региональной экономики с учетом макропрогнозов. В работе широко применяются методы эконометрического моделирования временных рядов: ARIMAX и ARDL-модели, тесты на стационарность, диагностика остатков и автоматизированный подбор спецификаций моделей. Основными результатами исследования стали две прогнозные ARDL-модели, которые были интегрированы в разработанный цифровой калькулятор с пользовательским web-интерфейсом. Показано, что на отгрузку промышленной продукции в реальном выражении в Нижегородской области влияют стоимость основных фондов по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства», численность постоянного населения, оборот розничной торговли, среднемесячное значение индексов потребительских цен и цена нефти марки Urals. На основе построенных моделей разработан цифровой калькулятор, представляющий собой гибкий инструмент, позволяющий оперативно оценивать последствия изменения ключевых макроэкономических параметров, сравнивать альтернативные сценарии развития и формировать аналитически обоснованные прогнозы развития обрабатывающей промышленности региона. Данный инструмент полезен органам власти и другим пользователям при планировании и оптимизации производственных процессов.

Ключевые слова: обрабатывающая промышленность, объем отгрузки продукции промышленности, Нижегородская область, ARDL-модель, ARIMAX-модель, цифровой калькулятор.

Благодарность

Исследование выполнено в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» ННГУ (тема № Н-473-99_2025-2027 «Разработка цифрового двойника экономики региона. Управление социально-экономическим развитием региона с использованием модели цифрового двойника»).

Введение

Промышленное производство большинства регионов Российской Федерации является важнейшей составляющей их экономической жизнедеятельности, определяющей конкурентоспособность и перспективы дальнейшего экономического развития. Одним из базовых показателей, демонстрирующих активность промышленного сектора экономики, является объем отгруженной продукции собственного производства. Отгрузка отражает степень востребованности производимой продукции

внутри региона и за его пределами и позволяет оценить эффективность его производственного сектора. В современных условиях этот показатель приобретает особое значение, поскольку промышленные предприятия России сталкиваются с множеством вызовов, исходящих как от геополитической ситуации и доступности глобальных рынков, так и внутренних условий, связанных с проблемами импортозамещения и технологического развития, растущей налоговой нагрузкой и высокой стоимостью кредитных ресурсов.

Следует отметить, что прогнозирование объемов отгрузки продукции в среднесрочном периоде не является легкой задачей. Современные экономические процессы отличаются высокой степенью неопределенности и непредсказуемости. Экономические санкции, пандемия COVID-19, технологические инновации и другие факторы создают дополнительные сложности при стратегическом управлении промышленным сектором региона. Следовательно, актуальным становится внедрение инновационных методов прогнозирования, которые позволят более точно учитывать внешние и внутренние обстоятельства, влияющие на деятельность предприятий.

В настоящем исследовании прогнозирование промышленного производства рассматривается на примере Нижегородской области, которая входит в топ-5 российских регионов по научно-технологическому развитию¹, что предполагает наличие потенциала для дальнейшего индустриального роста. В области сосредоточены крупные производственные мощности в сфере машиностроения, химической промышленности, приборостроения и многих других отраслей. Промышленный комплекс в Нижегородской области производит треть объема валового регионального продукта, дает треть платежей в бюджет и создает четверть всех рабочих мест в области². Поскольку добывающая промышленность Нижегородской области в силу природно-ресурсного потенциала региона не представляет значимой доли промышленного производства, в настоящем исследовании ограничимся рассмотрением обрабатывающей промышленности. Вместе с тем объективная оценка текущего состояния и перспектив развития промышленного сектора возможна только при наличии надежных инструментов прогнозирования. Именно поэтому возникает необходимость в разработке научно-обоснованной методики, позволяющей наиболее точно прогнозировать объёмы отгрузки продукции

¹ Стратегия развития Нижегородской области. 2023. URL: <https://strategy.nobl.ru/stati/nauka-i-innovaczii/chem-proslavilas-nizhegorodskaya-nauka-etoj-osenyu/>

² Министерство промышленности, торговли и предпринимательства Нижегородской области. URL: <https://minprom.nobl.ru/activity/1746/>

обрабатывающей промышленности в регионе и определять их чувствительность как к внутренним, так и внешним факторам.

Целью исследования является построение эконометрической модели для среднесрочного прогнозирования отгрузки продукции собственного производства по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» в Нижегородской области и разработка на ее основе цифрового калькулятора с пользовательским web-интерфейсом.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи: анализ и отбор переменных (факторов), которые оказывают влияние на отгрузку продукции обрабатывающей промышленности Нижегородской области; построение эконометрических моделей отгрузки продукции обрабатывающей промышленности Нижегородской области двух типов: модель авторегрессии – скользящего среднего с учетом дополнительных регрессоров (ARIMAX) и модель авторегрессии и распределенных лагов (ARDL); выбор среди полученных моделей наиболее адекватной и подходящей для построения прогнозов спецификации; построение прогнозных моделей для различных сценариев развития макроэкономической ситуации в Российской Федерации; проектирование и реализация на языке программирования JavaScript (стандарт ECMAScript 2015 – ES6) с использованием технологий HTML5 и CSS3 цифрового прогнозного калькулятора для отгрузки продукции обрабатывающей промышленности в Нижегородской области.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки эффективных инструментов прогнозирования в регионах, чтобы построить различные сценарии развития региона с учетом влияния тех или иных внешних шоков и управляющих воздействий. Потребность в таких разработках объясняется и тем, что действующие механизмы построения планов и прогнозов в региональных структурах власти зачастую не предусматривают использования продвинутых методов анализа данных и прогнозирования, основанных на вовлечении большого пула региональных показателей, а ориентируются на федеральные прогнозы. Кроме того, уровень использования современ-

ных цифровых технологий в прогнозах социально-экономического развития региона остается невысоким, что определило направление развития исследований. Результаты работы могут использоваться органами исполнительной власти и хозяйствующими субъектами для повышения качества прогнозов и эффективности принимаемых решений при управлении региональным промышленным сектором.

Как будет показано в обзоре литературы, на сегодняшний день существуют отечественные исследования по прогнозированию промышленного производства, но они либо касаются экономики РФ в целом без учета региональной специфики, либо ограничиваются построением эконометрических моделей, без проведения интерактивного сценарного анализа. Внедрение в модели, наряду с факторами предложения и спроса, не управляемых на региональном уровне параметров макроэкономической среды (цены на нефть, валютного курса, уровня инфляция и т. д.) позволит заинтересованным экономическим агентам не только строить прогнозы на основе эконометрических моделей, но и проводить сценарные эксперименты для более корректного управления промышленным производством региона.

Обзор литературы

Проблемам, факторам и способам управления развитием сектора промышленных производств на федеральном и региональном уровне посвящен ряд работ отечественных и зарубежных исследователей.

Например, в работе Н.М. Сергеевой, Е.В. Скрипкиной подчеркивается, что, несмотря на кризисные явления и санкционное давление, в структуре валовой добавленной стоимости (ВДС) российской экономики лидирующими отраслями остаются обрабатывающие производства, добывающая промышленность, оптовая и розничная торговля (Сергеева, Скрипкина, 2024).

Показатель объема отгрузки продукции собственного производства, выполненных работ и услуг промышленными предприятиями признается одним из ключевых индикаторов состояния и динамики промышленного сектора (Пирогова, Майорова, 2025; Швайка, Хрипин, 2025; Соколова, Сидоров, 2022). Его прогнозирование на региональном уровне важно для формирования стратегий развития, принятия

оперативных управленческих решений и оценки эффективности политики импортозамещения. В научных исследованиях подчеркивается неоднородность промышленного развития российских регионов и, как следствие, необходимость региональной спецификации прогнозных моделей. Так, выявлена значительная дифференциация промышленного развития регионов Центрального федерального округа (ЦФО): рост доли обрабатывающей промышленности в Московской и Тульской областях сопровождался снижением этой доли в г. Москве (Пирогова, Майорова, 2025). Это подчеркивает необходимость разработки разных прогнозных сценариев даже внутри одного федерального округа. В связи с этим особо актуальными являются исследования, посвященные прогнозированию показателей промышленного производства в отдельных субъектах Российской Федерации (например, Гладких, Малугина, 2023; Соколова, Сидоров, 2022).

При построении прогнозной модели важной задачей является установление факторов, оказывающих значимое влияние на результирующие показатели отраслей как на общероссийском, так и на региональном уровне. Например, в работе Л.Г. Руденко с помощью регрессионного анализа выявлены следующие значимые детерминанты роста объемов производства обрабатывающей промышленности в России: объем добычи полезных ископаемых, сальдированный финансовый результат деятельности организаций, численность рабочей силы и количество организаций, задействованных в научных исследованиях и разработках (Руденко, 2024). Регрессионный анализ показал, что факторами, определяющим ВДС промышленности Центрального федерального округа без учета Москвы и Московской области, являются основные фонды и занятость населения региона (Крупко и др., 2018). В работе (Губарев и др., 2020) в качестве детерминантов ВДС промышленности также рассматриваются основные фонды и трудовые ресурсы отдельных отраслей промышленности.

В исследовании М.Ю. Малкиной для регионов кластера Нижегородской области обнаружено положительное влияние на рост ВРП как факторов предложения (накопленных основных фондов, текущих инвестиций, количества занятых), так и факторов спроса (доходов на

душу населения в прошлом периоде), а также инструментов денежно-кредитной (процентная ставка) и фискальной политики (бюджетные доходы и расходы и их структура). В работе отмечается, что рост цен на нефть сопровождается увеличением доходов от экспорта энергоресурсов, бюджетных поступлений, и это позволяет увеличить финансирование национальной экономики, в том числе обрабатывающих производств и инфраструктурных отраслей, а также различных социальных программ, способствующих росту доходов населения и потребительского спроса (Малкина, 2025).

Одним из подходов прогнозирования региональных экономических показателей является декомпозиция макропрогнозов: прогноз на региональном уровне строится через распределение общероссийских показателей по видам экономической деятельности. Например, А.О. Полынев предлагает методику среднесрочного прогноза роста ВРП регионов на основе декомпозиции макропрогноза по России, где ключевым фактором выступает динамика инвестиций (Полынев, 2020). Другие ученые считают более правильным движение не от федеральных прогнозов к региональным, а наоборот — от региональных к федеральным, что позволяет учесть потенциал и особенности развития каждого региона (Михеева, 2018).

В современной научной литературе применяется ряд подходов для прогнозирования социально-экономического развития региона. Наиболее распространенным является эконометрическое и регрессионное моделирование: строятся модели, связывающие результирующий показатель с факторными признаками. Так, в работе (Калинина, Калинина, 2012) регрессионный анализ рассматривается как базовый для прогнозирования промышленных показателей: прогнозируемое значение результирующего показателя получается при подстановке в уравнение регрессии ожидаемой величины факторного признака.

Другим эффективным инструментом прогнозного моделирования выступают анализ временных рядов и трендовое прогнозирование, которое используется для выявления закономерностей и экстраполяции динамики. Например, А.В. Щетилов применяет аналитическое выравнивание (линейный и полиноми-

альный тренды) для ретроспективного анализа и прогноза по подотраслям металлообработки и машиностроения до 2030 года (Щетилов, 2025).

Современным, перспективным инструментом прогнозного моделирования является построение нейросетевых моделей. Например, данный подход реализуется для построения прогноза развития обрабатывающей промышленности Воронежской области (Трещевский и др., 2020).

В условиях высокой нестабильности, когда формальные модели быстро теряют актуальность, эффективными являются сценарный и экспертный подходы. Например, в исследовании обрабатывающей отрасли промышленности количественный анализ дополняется экспертной оценкой факторов риска (Щетилов, 2025). В целом для повышения точности прогноза наиболее перспективным следует признать сочетание различных подходов (эконометрического, трендового, нейросетевого, экспертного).

В работах по прогнозированию применяются и другие методы прогнозирования экономических процессов. Например, на базе когнитивного моделирования разрабатываются сценарные прогнозы для промышленного комплекса Южного федерального округа РФ, определяются его реакции на импульсное воздействие (Makarenya et al., 2024).

В зарубежной литературе большой пул работ по прогнозированию касается макроэкономических показателей национального уровня (таких как темп экономического роста, уровень инфляции, бюджетные доходы), что объясняется потребностью регулирующих органов. Реже встречаются работы, посвященные прогнозированию отдельной отрасли или комплекса отраслей страны или региона (Baum et al., 2025; Bodo et al., 2000; Wang et al., 2025; Zervas, Thomakos, 2026). Примером является статья (Serban et al., 2021), где изучается ВДС промышленности высокотехнологичных отраслей стран ЕС, оценивается вклад в нее инвестиций и численности занятых. Для анализа используются панельные данные, а оценивание моделей осуществляется с использованием обобщенного метода моментов. В другом исследовании разработана основанная на сценариях развития система ежемесячного прогнозирования

ния промышленного производства в еврозоне (Georgieva, et al., 2025). Для прогнозирования использованы ключевые макроэкономические показатели: темпы инфляции (ГИПЦ) и безработицы, а также индекс бизнес-климата. В результате исследования авторы пришли к выводу, что промышленное производство более чувствительно к неблагоприятным макроэкономическим потрясениям, чем к позитивным шокам, что подчеркивает значимость краткосрочного управления инфляцией и деловыми настроениями. Также в работе обосновывается важность применения в прогнозировании динамического сценарного анализа, предоставляющего гибкий инструмент для мониторинга экономики в режиме реального времени.

В работе (Akhnadjanov, Nakimov, 2025) построена многофакторная прогнозная модель для оценки объема валовой продукции промышленных предприятий Андижанской области в Узбекистане в период с 2024 по 2030 год с использованием множественной регрессии, коэффициенты эластичности которой указывают на постоянный рост эффективности производства, несмотря на колебания эффективности использования основных фондов. В статье (Lu, 2024) для моделирования и прогнозирования ВВП городского округа Наньян в КНР построена ARIMA-модель. На основе коэффициентов корреляции Пирсона и метода аналитической иерархии проанализирована взаимосвязь ВВП округа с экологическими показателями (количеством предприятий, работников и промышленным загрязнением), продемонстрирована значительная неустойчивость экологического развития региона.

Совершенно новым подходом в настоящем исследовании является создание надстройки к эконометрическим моделям в виде цифрового калькулятора. Этот калькулятор может рассматриваться как часть более сложного цифрового продукта – цифрового двойника региона. Тема цифровых двойников в настоящее время приобретает все большую популярность для исследований и разработок. Однако существует некая неопределенность в расшифровке этого понятия (Singh et al., 2021), в силу чего в различных областях науки этот термин может обозначать различные цифровые объекты. Авторы полагают, что основной особенностью цифровых двойников, которая отличает их от цифро-

вых моделей, «теней» и аватаров, являются автоматизированные двунаправленные потоки информации. С точки зрения экономики, естественной сферой, где в первую очередь возникает приложение данной концепции, является производство. В работе (Warke et al., 2021) проводится анализ исследований по теме цифровых двойников в области «умного» производства, а в (Turan et al., 2022) описан конкретный пример внедрения цифрового двойника в производственный процесс в виде цифрового приложения и показано, что это позволяет оптимизировать расходы материалов. В работе (Pobuda, 2020) отмечается, что на макроуровне экономик отдельных стран эффективным инструментом построения цифровых двойников, которые могли бы применяться для принятия стратегических управленческих решений, становится агентное имитационное моделирование.

Анализ литературы показывает, что, несмотря на существенный научный интерес ученых к проблеме прогнозирования, наблюдается явный дефицит современных исследований, посвященных прогнозированию показателей промышленного производства региона с включением в эконометрические модели макроэкономических шоков и инструментов регулирования и формированию разных сценариев развития промышленного сектора региона. Работ, где подобные модели снабжаются цифровым калькулятором, интегрированным с управляемым пользовательским интерфейсом, нами не обнаружено. Настоящее исследование призвано восполнить этот пробел.

Данные и методы

Объектом исследования является показатель отгрузки продукции собственного производства по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» (без НДС, акцизов и аналогичных обязательных платежей) в Нижегородской области (млн руб.), а предметом – его среднесрочное прогнозирование. Выбор показателя обусловлен тем, что он представляет собой один из основных оперативных показателей промышленной активности, доступный на ежемесячной основе, получаемый на основе первичной отчетности предприятий. Кроме того, он характеризует не только производство, но и реализацию продукции, то есть свидетельствует о ее востребованности на рынке.

Теоретический базис исследования составляют основные положения экономической теории и системного анализа, а также результаты фундаментальных и прикладных исследований зарубежных и отечественных ученых в области макроэкономики и экономико-математического моделирования. При решении конкретных задач использовались методы математической статистики и эконометрики.

Для описания зависимой переменной Y – отгрузки продукции собственного производства по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» (без НДС, акцизов и аналогичных обязательных платежей) по Нижегородской области в млн руб.³ – был сформирован набор факторов x_1, x_2, \dots, x_m , которые далее тестировались на вхождение в модель. Первоначальный выбор факторов обусловлен теоретическими предпосылками: учитывает традиционную форму производственной функции Кобба – Дугласа, факторы спроса и предложения, денежно-кредитные условия в регионе, что подтверждается анализом научной литературы (Бажанов, Орешко, 2019; Домнич, 2023; Малкина и др., 2025). Окончательный отбор факторов обусловлен их статистической значимостью в анализируемых спецификациях. Данные охватывали период с 2017 по 2025 год. Система показателей приведена в *таблице 1*.

При проведении статистического анализа и построении эконометрических моделей применялся Google Colab – облачный сервис для интерактивных вычислений на языке программирования Python.

Первым этапом подготовки данных к анализу стало приведение показателей в текущих ценах к постоянным ценам базового года. В качестве базового был выбран 2017 год – начальный год набора данных. Для дефлирования применялись либо индексы цен производителей по виду экономической деятельности «Обрабатывающая промышленность», либо индексы потребительских цен в Нижегородской области – в зависимости от природы изучаемого фактора.

Применение эконометрических моделей требует, чтобы временные ряды содержали достаточное количество наблюдений, а включаемые в модель показатели имели одинаковую частотность. Также следует учитывать, что из-за быстро меняющейся институциональной и макроэкономической среды информация, относящаяся к более ранним периодам времени, менее релевантна для текущего анализа. Поэтому в исследовании использовались данные за более современный период (соответствующий функционированию российской экономики в санкционном режиме), но в ежемесячной разбивке. Поскольку ежемесячная статистика доступна далеко не по всем показателям, возникла необходимость приведения ежегодных или ежеквартальных данных к ежемесячному виду. Для выполнения этой задачи был выбран метод интерполяции сплайнами, рекомендуемый в научной литературе (Власенко, 2019; Portilla et al., 2025; Ribeiro, Castro, 2022). Подобные преобразования были применены для двух показателей основных фондов, численности населения, оборотных активов, инвестиций и среднедушевых денежных доходов. Динамика этих показателей не предполагает слишком быстрых и резких колебаний в течение года (а в случае с инвестициями в течение квартала), что делает рассматриваемую методику вполне уместной. Кроме того, окончательные прогнозы формируются путем агрегирования месячных данных по годам, что снижает влияние интерполяции на прогноз.

На заключительном этапе предварительной обработки данных была проведена проверка временных рядов на сезонность и, при необходимости, временной ряд был очищен от сезонного фактора с помощью статистической фильтрации. Для приведения временных рядов к стационарному виду они были детрендрованы путем взятия логарифмических разностей для всех показателей за исключением показателей макроэкономических условий. В качестве основы на данном этапе рассматривалась аддитивная модель временного ряда:

$$Y_t = T_t + S_t + E_t, \quad (1)$$

где T_t – тренд,
 S_t – сезонная составляющая,
 E_t – случайная составляющая.

³ ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57722> (дата обращения: 07.02.2026).

Таблица 1. Показатели, предположительно влияющие на промышленное производство Нижегородской области

Переменная	Наименование показателя	Единицы измерения	Длительность временного интервала и периодичность измерения	Среднее	Минимум	Максимум	Среднеквадратическое отклонение
По Нижегородской области							
<i>Capital_res</i>	Наличие основных фондов по остаточной балансовой стоимости по полному кругу организаций на начало периода по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» ¹⁾	млрд руб.	2017–2024; годовые	383,3	319,5	464,0	55,5
<i>Capital</i>	Наличие основных фондов по полной учетной стоимости по полному кругу организаций на начало периода по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» ¹⁾	млрд руб.	2017–2024; годовые	872,9	658,0	1143,6	178,8
<i>CurrentAssets</i>	Стоимость оборотных активов крупных и средних организаций на начало периода по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» ²⁾	млрд руб.	I квартал 2017 – I квартал 2025; квартальные	936,4	554,5	1689,6	350,5
<i>Investment, Investment12, Investment24</i>	Инвестиции в основной капитал по всем формам собственности: за текущий период, с лагом 1 и 2 года по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» ³⁾	млрд руб.	I квартал 2014 – IV квартал 2024; квартальные	23,1	4,6	80,6	16,6
<i>Credit</i>	Объемы кредитования юридических лиц-резидентов и индивидуальных предпринимателей по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» ⁴⁾	млрд руб.	январь 2017 – июнь 2025; ежемесячные	23,3	6,3	70,7	14,6
<i>Labour</i>	Среднесписочная численность работников (без внешних совместителей) по полному кругу организаций по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» ⁵⁾	тыс. чел.	январь 2017 – май 2025; ежемесячные	253,8	246,3	270,0	4,8
<i>Population</i>	Численность постоянного населения на начало года ⁶⁾	млн чел.	2016-2024; годовые	3,15	3,05	3,24	0,07
<i>Incomes1</i>	Среднедушевые денежные доходы населения с лагом 1 месяц ⁷⁾	тыс. руб.	I квартал 2016 – I квартал 2025; квартальные	40,0	28,0	73,4	11,6

Данный способ компонентного анализа является базовым и подробно изучен в литературе (например, Тиндова, Леднева, 2023). Отметим, однако, что при построении моделей ARIMAX были использованы как очищенные, так и не очищенные от сезонности данные, потому что спецификация модели позволяет выделить сезонный фактор. В рассмотренном наборе данных сезонному влиянию оказались подвержены показатели отгрузки промышленной продукции.

Следующим шагом исследования стало построение эконометрических моделей. В качестве теоретической основы была выбрана традиционная форма производственной функции Кобба – Дугласа, которая путем логарифмирования приводится к аддитивному виду и далее применяется для моделирования зависимости выпуска от факторов производства (Капитанова, Зиняков, 2023).

$$\ln y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln x_{1t} + \dots + \beta_j \ln x_{jt} + \dots + \beta_n \ln x_{mt} + \varepsilon_t. \quad (2)$$

где y_t – это отгрузка продукции собственно производства по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства»;

x_{jt} – переменные, включенные в модель;

β_j – коэффициенты моделей;

ε_j – случайные остатки соответствующих моделей;

$j = \overline{1, m}; m$ – количество переменных, включенных в модель.

Поскольку экономические показатели обладают определенной спецификой в силу существования запаздываний и эффекта паутины, модель была расширена за счет включения лаговых значений зависимой и объясняющих переменных.

В исследовании тестировалось два типа моделей временных рядов:

– модель авторегрессии – скользящего среднего с учетом дополнительных регрессоров (ARIMAX)

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_j \varepsilon_{t-j} + \sum_{k=1}^m \gamma_k x_{t-k} + \varepsilon_t. \quad (3)$$

– модель авторегрессии и распределенных лагов (ARDL)

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i y_{t-i} + \sum_{j=0}^q b_j x_{t-j} + \varepsilon_t. \quad (4)$$

Модель авторегрессии и распределенных лагов является частным случаем модели авторегрессии – скользящего среднего с учетом дополнительных регрессоров и вынесена в отдельную категорию лишь в силу разных методов технической реализации процесса моделирования. Эти виды моделей часто используются для описания различных социально-экономических процессов, что находит подтверждение в литературе (Пильник и др., 2018; Rizki, Didenko, 2025; Ji, 2025; Sahoo et al., 2025). В качестве преимуществ ARDL-модели следует отметить то, что она является наиболее подходящим способом для описания коротких временных рядов, позволяет оценить долгосрочные и краткосрочные эффекты (коинтеграцию), а также работает с рядами порядка $I(0)$ и $I(1)$ в смеси. Модель ARIMAX демонстрирует хорошую прогнозную точность на небольших временных интервалах, а также обладает гибкостью в учете сезонности и трендов, что делает возможным ее применение как для исходных временных рядов, так и для десеозонизированных и детрендрованных данных. Также теоретически возможным является применение и других моделей временных рядов (например, VAR, HVAR, DFM, нейросетевые модели). При этом модели векторной авторегрессии требуют стационарности всех рядов, которые непременно должны быть достаточно длинными. Кроме того, при большом количестве переменных происходит потеря степеней свободы. Динамические факторные модели сложны в интерпретации и настройке при короткой истории. Нейросетевые методы не позволяют выявить влияние отдельных переменных и плохо работают на малых выборках.

Для реализации этих моделей все изучаемые переменные были разделены на группы. В модели должны быть включены факторы, которые соответствуют производственной функции Кобба – Дугласа, – это капитал (основные фонды) и труд (численность занятых или численность населения). Также в модель могут быть включены другие факторы, которые описывают

ресурсную базу промышленных предприятий Нижегородской области (инвестиции, объем кредитования и оборотные активы); спросовые факторы (оборот розничной торговли, среднедушевые и совокупные доходы населения) и макроэкономические условия (ключевая ставка с лагом от 0 до 6 месяцев, инфляция, курс доллара и цена на нефть). Был сформирован набор различных комбинаций из указанных групп, по которым осуществлялся перебор возможных спецификаций. Далее алгоритм несколько отличался для двух видов моделей, что обусловлено спецификой технического инструментария.

Для ARIMAX-моделей порядок AR и MA составляющих варьировался от 0 до 3, а порядок разностей от 0 до 2. Для учета возможных недоустранимых сезонных колебаний предусматривался порядок сезонных компонент от 0 до 2. Далее с помощью циклов и логических проверок были отобраны те модели, все факторы в которых являются значимыми по *t*-статистике, отсутствует автокорреляция в остатках (по тесту Льюнга – Бокса) и гетероскедастичность (по тесту Бреуша – Пагана), а знаки коэффициентов при капитале и труде положительны (что обусловлено типом производственной функции). Среди всех построенных моделей были выбраны те, где присутствует реальная ключевая ставка с отрицательным коэффициентом, что также обусловлено теоретическими предпосылками. Аналогичная проверка выполнялась и по данным, не очищенным от сезонности. Также строились SARIMAX модели, позволяющие как включить экзогенные факторы, так и учесть сезонность. Окончательный отбор моделей осуществлялся на основе информационных критериев Акайке (AIC), Байеса (BIC) и Хеннана – Куинна (HQIC) для каждого набора.

ARDL-модели строились только на десезониализованных данных. При анализе данных была использована функция автоматического выбора оптимального порядка модели на основе критериев информационной эффективности: Акайке (AIC), Байесовского (BIC) или Хеннана – Куинна (HQIC). Среди всех построенных моделей были выбраны те, в которые входят необходимые компоненты – показатели, описывающие капитал, труд и макроэкономическую ситуацию, и они являются значимыми по *t*-статистике. Незначимыми могут

быть только промежуточные лаги, потому что выбранный инструментарий в Python не позволяет их исключить.

Результаты исследования

В *таблице 2* представлены две отобранные наилучшие ARIMAX-модели, соответствующие всем указанным выше критериям качества.

В *таблице 3* представлены две отобранные согласно описанному выше алгоритму наилучшие ARDL-модели.

Остатки ARDL-моделей были проверены на гетероскедастичность с помощью теста ARCH-LM, который использует метод множителей Лагранжа (LM) для обнаружения авторегрессионной условной гетероскедастичности (ARCH) в остатках для лага 1–10. Этот тест показал, что остатки имеют однородную дисперсию (гомоскедастичны). В силу того что ARDL-модель сочетает в себе элементы динамической регрессии с лаговыми зависимыми переменными и лагами экзогенных переменных, базовые предположения обычных тестов на автокорреляцию нарушаются, и применение их для проверки автокорреляции в остатках становится некорректным. Поэтому в рамках исследования были проанализированы автокорреляционные и частные автокорреляционные функции (АКФ и ЧАКФ), которые свидетельствуют об отсутствии видимых паттернов в остатках, и можно предположить, что автокорреляция отсутствует в обеих моделях.

Отметим, что для построенных моделей результаты теста Харке – Бера указывают на отклонение от гипотезы о нормальном распределении остатков. Однако для моделей класса ARIMAX это требование не является необходимым в силу того, что оценки параметров являются состоятельными и асимптотически нормальными при выполнении условий стационарности и отсутствия серийной корреляции в остатках. Кроме того, при оценке значимости коэффициентов модели использовались стандартные ошибки, устойчивые к гетероскедастичности и автокорреляции остатков (HAC).

По результатам оценки среднеквадратичного отклонения (RMSE) для всех построенных моделей были выбраны обе ARDL-модели, на основе которых построен среднесрочный стратегический прогноз на период до 2027 года. В качестве итогового использовался усредненный прогноз по двум ARDL-моделям.

Таблица 2. ARIMAX-модели для показателя отгрузки продукции обрабатывающей промышленности в постоянных ценах

Переменная	ARIMAX-модель для данных, очищенных от сезонности	ARIMAX-модель для данных с сезонностью
<i>Capital</i>	0,70 (0,07)	0,94 (0,04)
<i>Labour</i>	2,33 (0,02)	
<i>Population</i>		3,39 (0,00)
<i>RealKeyRate4</i>	-0,01 (0,06)	
<i>Inflation</i>		-0,01 (0,00)
<i>Urals\$</i>		0,01 (0,00)
<i>RetailTrade1</i>		1,53 (0,00)
ar.L1	-0,78 (0,00)	
ma.L1	0,56 (0,03)	0,46 (0,00)
sigma2	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)
AIC	-109,78	-104,37
BIC	-96,12	-87,27
HQIC	-104,34	-97,49
RMSE	10173,03	8320,63
тест Льюнга – Бокса	0,00 (0,99)	0,01 (0,91)
тест Бреуша – Пагана	0,84 (0,66)	1,45 (0,33)
тест Харке – Бера	39,57 (0,00)	22,35 (0,00)

Примечания. В скобках указаны р-значения. Нулевая гипотеза теста Льюнга – Бокса говорит об отсутствии автокорреляции в остатках. Нулевая гипотеза теста Бреуша – Пагана предполагает гомоскедастичность данных. Тест Харке – Бера использует в качестве нулевой гипотезы предположение о том, что остатки имеют нормальное распределение.
Источник: расчеты авторов.

Таблица 3. ARDL-модели для показателя отгрузки продукции обрабатывающей промышленности в постоянных ценах

Переменная	Модель 1	Модель 2
<i>Y.L1</i>	0,55 (0,00)	0,56 (0,00)
<i>Y.L2</i>	0,27 (0,01)	
<i>Capital.L0</i>		0,63 (0,00)
<i>Population.L0</i>		370,15 (0,00)
<i>Population.L1</i>		-371,14 (0,00)
<i>Inflation.L0</i>	-0,002 (0,05)	
<i>RetailTrade1.L0</i>	0,89 (0,00)	
<i>RetailTrade1.L1</i>	-0,74 (0,00)	
<i>Urals\$.L0</i>		0,0001 (0,9)
<i>Urals\$.L1</i>		0,003 (0,01)
AIC	-242,65	-221,45
BIC	-228,14	-204,43
HQIC	-236,82	-214,61
RMSE	4763,85	5111,64
тест Харке – Бера	23,92 (0,00)	9,24 (0,00)

Примечания. В скобках указаны р-значения. L0, L1 и L2 используются для обозначения текущего периода, лага 1 и лага 2 соответственно.
Источник: расчеты авторов.

Таким образом, в итоговой модели на отгрузку продукции обрабатывающей промышленности Нижегородской области влияют следующие показатели:

- наличие основных фондов по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» по полной учетной стоимости по полному кругу организаций на начало периода (млрд руб.): положительный коэффициент отражает эффект классической производственной функции – рост капитала увеличивает выпуск;

- численность постоянного населения на начало периода (млн чел.): положительный коэффициент при численности населения в текущем месяце и отрицательный у лагового значения, которые близки по модулю, могут быть следствием высокой корреляции последовательных лагов, что делает оценки отдельных коэффициентов неустойчивыми; долгосрочный мультипликатор для населения в коинтеграционном отношении будет близок к нулю (это означает, что в долгосрочной перспективе численность населения слабо влияет на отгрузку, что экономически правдоподобно для Нижегородской области, где производство ориентировано не только на внутренний спрос, но и на межрегиональные поставки и экспорт);

- оборот розничной торговли (млн руб.): положительный текущий эффект (0,89) и отрицательный лаговый (-0,74) можно интерпретировать как эффект насыщения или переноса спроса во времени, когда рост в текущем периоде в дальнейшем корректируется и замедляется;

- среднемесячное значение индексов потребительских цен на товары и услуги (%): отрицательный коэффициент при инфляции показывает, что рост цен снижает реальные доходы и, следовательно, спрос на промышленную продукцию;

- цена нефти марки Urals (\$): положительный эффект для Нижегородской области, характеризующейся слабо развитой добывающей и достаточно высоко развитой обрабатывающей промышленностью, объясняется косвенным влиянием бюджетного канала: рост нефтяных доходов федерального бюджета увеличивает трансферты в региональные бюджеты, госзакупки и инвестиции в регион.

На практике интерес представляют будущие значения отгрузки как в сопоставимых, так и в текущих ценах. В частности, номинальные показатели представляют интерес для налоговой и бюджетной системы. Для перевода прогнозных значений по отгрузке в постоянных ценах в текущие цены было проведено прогнозирование цепных индексов-дефляторов потребительских цен (ИПЦ) и цепных индексов-дефляторов цен производителей (ИЦП) по Нижегородской области. Прогнозные значения индекса-дефлятора ИПЦ рассчитывались на основе базового прогноза социально-экономического развития Нижегородской области в 2025 году (8,8%) и прогнозов на 2026 год (5%) и 2027 год (4,0%)⁴. Далее осуществлялось моделирование зависимости цепного индекса-дефлятора ИЦП от цепного индекса-дефлятора ИПЦ по Нижегородской области по месячным данным за 2017–2024 гг., определялось их долгосрочное соотношение. На *рисунке 1* представлены фактические данные и построенная логарифмическая регрессия.

Прогнозные значения цепных индексов-дефляторов ИЦП на 2025–2027 гг. определялись на основе выявленной логарифмической зависимости и прогнозных значений цепных индексов-дефляторов ИПЦ на тот же период. Расчеты прогнозных индексов-дефляторов позволили в дальнейшем привести все показатели, смоделированные в постоянных ценах, к текущим ценам.

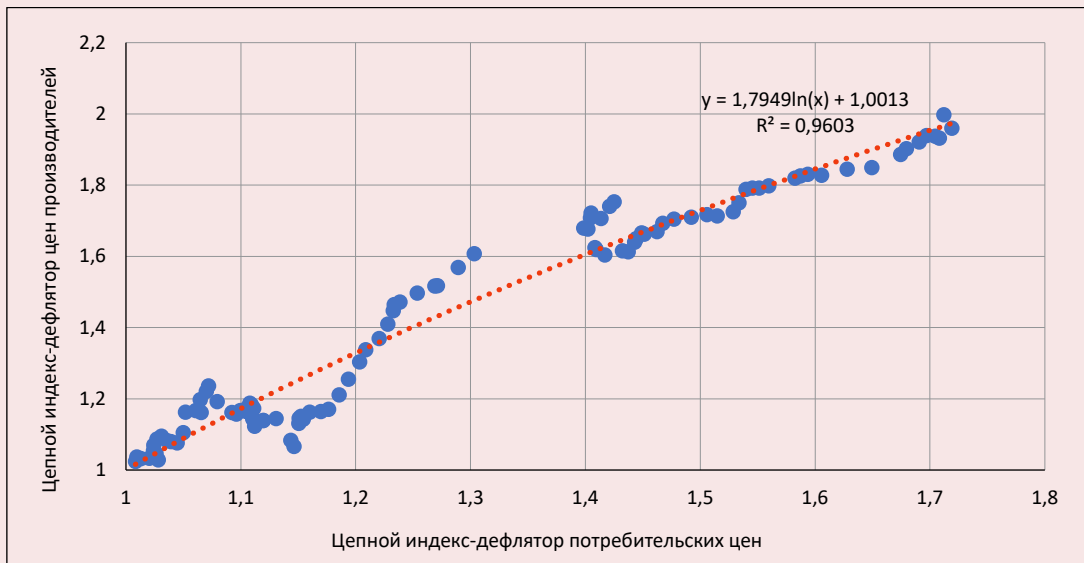
Для построения среднесрочного прогноза отгрузки были построены прогнозы следующих показателей (факторов моделей) в постоянных и текущих ценах.

1. Наличие основных фондов по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» по полной учетной стоимости по полному кругу организаций на начало периода (млрд руб.).

Для временного ряда была выполнена проверка на стационарность. Расширенный тест Дики – Фуллера (ADF) и тест Квятковского – Филлипса – Шмидта – Шина (KPSS) показали, что ряд является стационарным в первых

⁴ Прогноз социально-экономического развития Нижегородской области на среднесрочный период (на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов). С. 3, 6. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/5200202510270003?index=1>

Рис. 1. Взаимосвязь цепных индексов цен производителей (ИЦП) и потребительских цен (ИПЦ) по Нижегородской области



Источник: построено авторами.

разностях. По АКФ и ЧАКФ для первых разностей был определен предварительный порядок модели, который затем был скорректирован с учетом значимости переменных и компонент.

Результаты построения SARIMA-модели представлены в столбце «Capital» в таблице 4.

На основании модели был получен прогноз показателя основных фондов в постоянных ценах на период до 2027 года. С помощью ранее спрогнозированного цепного индекса цен производителей он был преобразован в прогноз показателя в текущих ценах. Оба представлены в динамике на рисунке 2.

Таблица 4. Построение SARIMA-моделей для прогнозирования факторных показателей

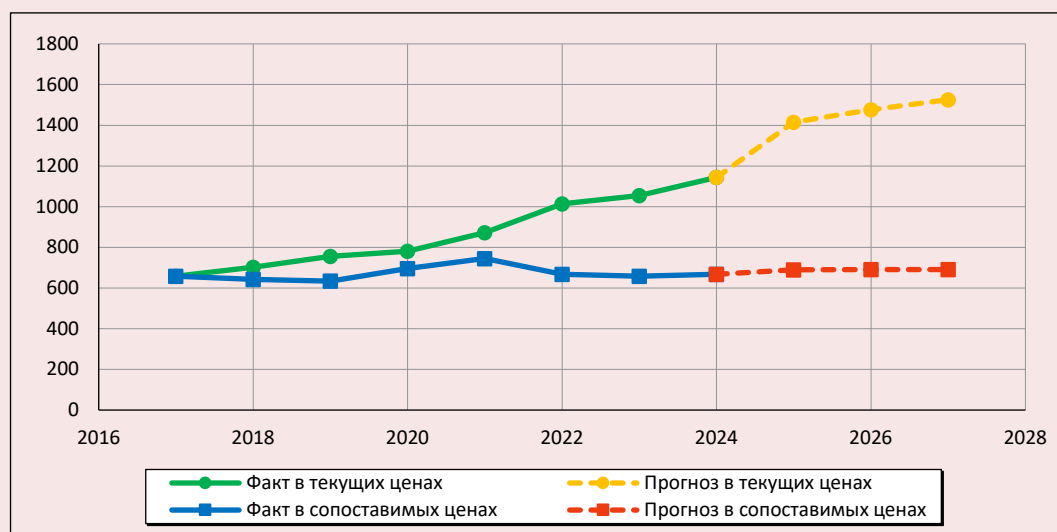
Переменная	Capital	RetailTrade1	Population
const			3,19 (0,00)
x			-0,002 (0,00)
ar.L1	0,40 (0,00)	-0,19 (0,00)	1,04 (0,00)
ar.L2	-0,25 (0,00)	-0,09 (0,03)	0,48 (0,00)
ar.L3			-0,01 (0,00)
ar.L4			-0,19 (0,00)
ar.L5			-0,26 (0,00)
ar.L6			-0,43 (0,00)
ar.L7			0,31 (0,00)
ar.L8			0,10 (0,00)
ar.L9			0,12 (0,00)
ar.L10			-0,08 (0,00)
ar.L11			-0,42 (0,00)
ar.L12			0,35 (0,00)
ma.L1			0,08 (0,00)
ma.L2			0,05 (0,00)
ma.L3			0,03 (0,00)
ma.L4			0,02 (0,00)

Окончание таблицы 4

Переменная	Capital	RetailTrade1	Population
ma.L5			0,01 (0,00)
ma.L6			0,01 (0,00)
ma.L7			-0,002 (0,00)
ma.L8			-0,01 (0,00)
ma.L9			-0,01 (0,00)
ma.L10			-0,001 (0,00)
ma.L11			0,01 (0,00)
ma.L12			0,02 (0,00)
ar.S.L12		0,49 (0,00)	
ma.S.L12		-0,36 (0,02)	
sigma2	102,67 (0,00)	$1,53 \cdot 10^7$ (0,00)	$6,64 \cdot 10^{-9}$ (0,00)
AIC	723,30	1981,30	-1467,70
BIC	730,99	1994,37	-1398,18
HQIC	726,41	1986,59	-1439,59
тест Льюнга – Бокса	0,01 (0,91)	4,26 (0,04)	32,88 (0,00)
тест Бреуша – Пагана	0,61 (0,16)	0,47 (0,03)	0,54 (0,08)
тест Харке – Бера	66,26 (0,00)	113,69 (0,00)	6,30 (0,04)

Примечания. В скобках указаны р-значения. L1, L2 и т.д. используются для обозначения лагов авторегрессионной составляющей (ar) и скользящего среднего (ma).
Источник: расчеты авторов.

Рис. 2. Прогноз для стоимости основных фондов, млрд руб.



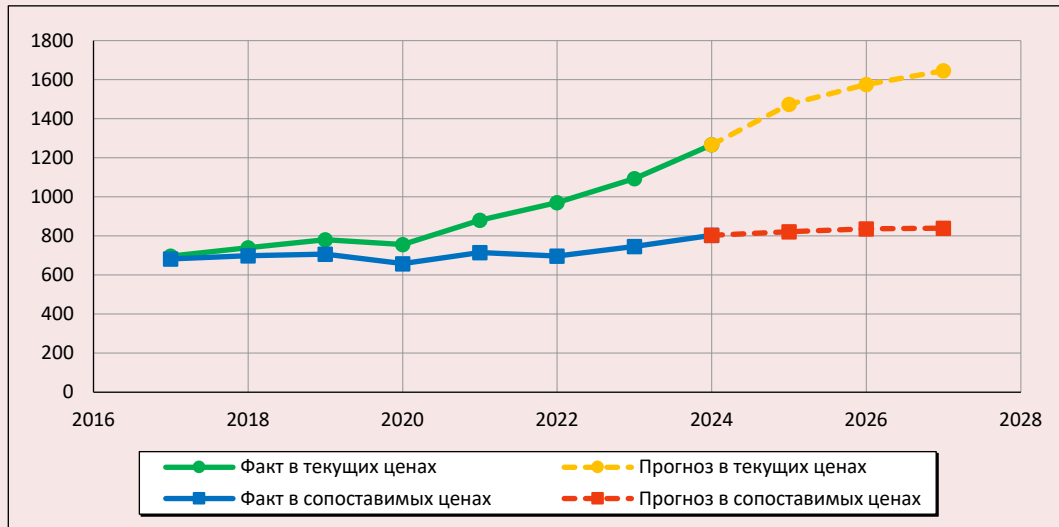
Источник: построено авторами.

2. Оборот розничной торговли (млрд руб.).

ADF и KPSS тесты показали, что ряд является стационарным в первых разностях. Были построены АКФ и ЧАКФ для первых разностей, порядок модели уточнен на основе значимости переменных и компонент. В данных присутствует сезонность, что было учтено в спецификации модели. Результаты построения

SARIMA модели представлены в таблице 4 в столбце «RetailTrade1». На основании модели был получен прогноз оборота розничной торговли в постоянных ценах на период до 2027 года. Для его перевода в текущие цены использовались прогнозные значения цепного индекса-дефлятора потребительских цен. Прогнозы представлены на *рисунке 3*.

Рис. 3. Прогноз для оборота розничной торговли, млрд руб.



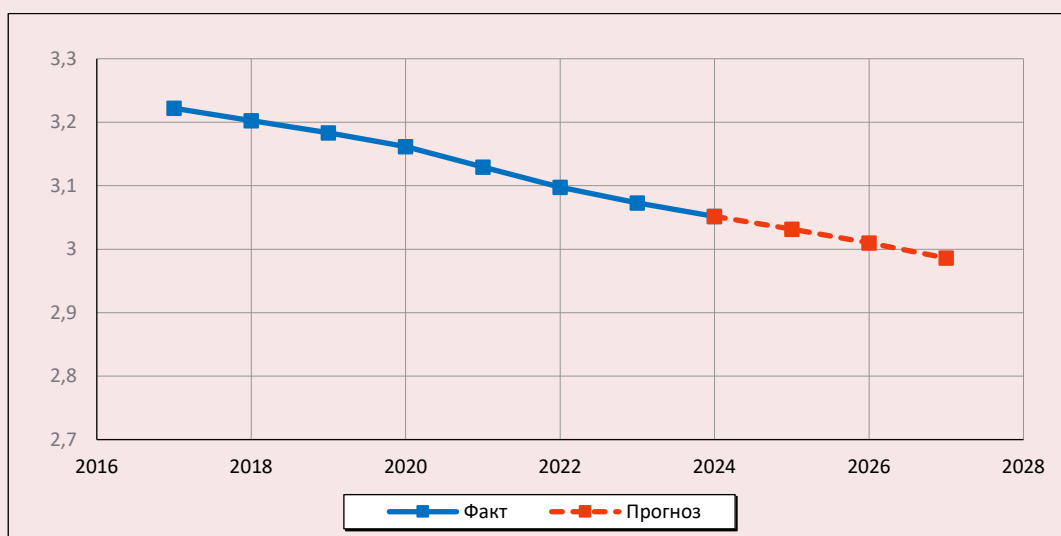
Источник: построено авторами.

3. Численность постоянного населения на начало года (млн чел.).

Нестационарность временного ряда в первых разностях подтверждена ADF и KPSS тестами, поэтому в спецификацию модели был включен линейный тренд. В связи с тем, что этот ряд был восполнен путем интерполяции сплайнами, его структура весьма специфиче-

ская, поэтому в модель включено 12 лаговых значений, перекрывающих искусственную генерацию значений внутри года. Результаты построения модели ARIMA представлены в таблице 4 в столбце «Population». На основании модели был получен прогноз численности населения на период до 2027 года (рис. 4).

Рис. 4. Прогноз для численности населения, млн чел.



Источник: построено авторами.

Для двух других параметров, среднемесячного значения индексов потребительских цен на товары и услуги (%) и цены нефти марки Urals (\$ за баррель), использовались прогнозы Правительства Нижегородской области и Банка России соответственно.

На основании прогнозов объясняющих переменных и оценок коэффициентов моделей были рассчитаны прогнозные значения отгруз-

ки продукции обрабатывающей промышленности (табл. 5, рис. 5). Доверительный интервал (95%) был получен с применением метода бутстрэпа.

На основе построенной модели с использованием языка программирования JavaScript (стандарт ECMAScript 2015 – ES6) и технологий HTML5 и CSS3 был разработан программный инструмент – интерактивный экономи-

Таблица 5. Прогнозы отгрузки продукции обрабатывающей промышленности Нижегородской области (млрд руб.)

Год	Цена нефти Urals, \$ за баррель *	Темп инфляции, % **	Отгрузка, Y, млрд руб. ***		Прирост отгрузки, % ***		Доверительный интервал 95% для отгрузки в текущих ценах, млрд руб. ***
			в текущих ценах	в постоянных ценах	в текущих ценах	в постоянных ценах	
2025	58	8,8	2486,897	1212,534	16,03	2,24	2273,862 – 2696,101
2026	55	5	2606,893	1218,992	4,83	0,53	2388,783 – 2837,037
2027	60	4	2711,332	1227,423	4,01	0,69	2479,263 – 2942,760

Источники: * прогнозы Банка России (Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2026 год и период 2027 и 2028 годов. М.: Центральный банк Российской Федерации, 2025. С. 3. URL: https://www.cbr.ru/about_br/publ/ondkr/op_2026_2028/; ** прогнозы Правительства Нижегородской области (Прогноз социально-экономического развития Нижегородской области на среднесрочный период (на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов). С. 3, 6. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/5200202510270003?index=1>); *** расчеты авторов.

Рис. 5. Фактические и прогнозные значения отгрузки продукции обрабатывающей промышленности в Нижегородской области, млрд руб.



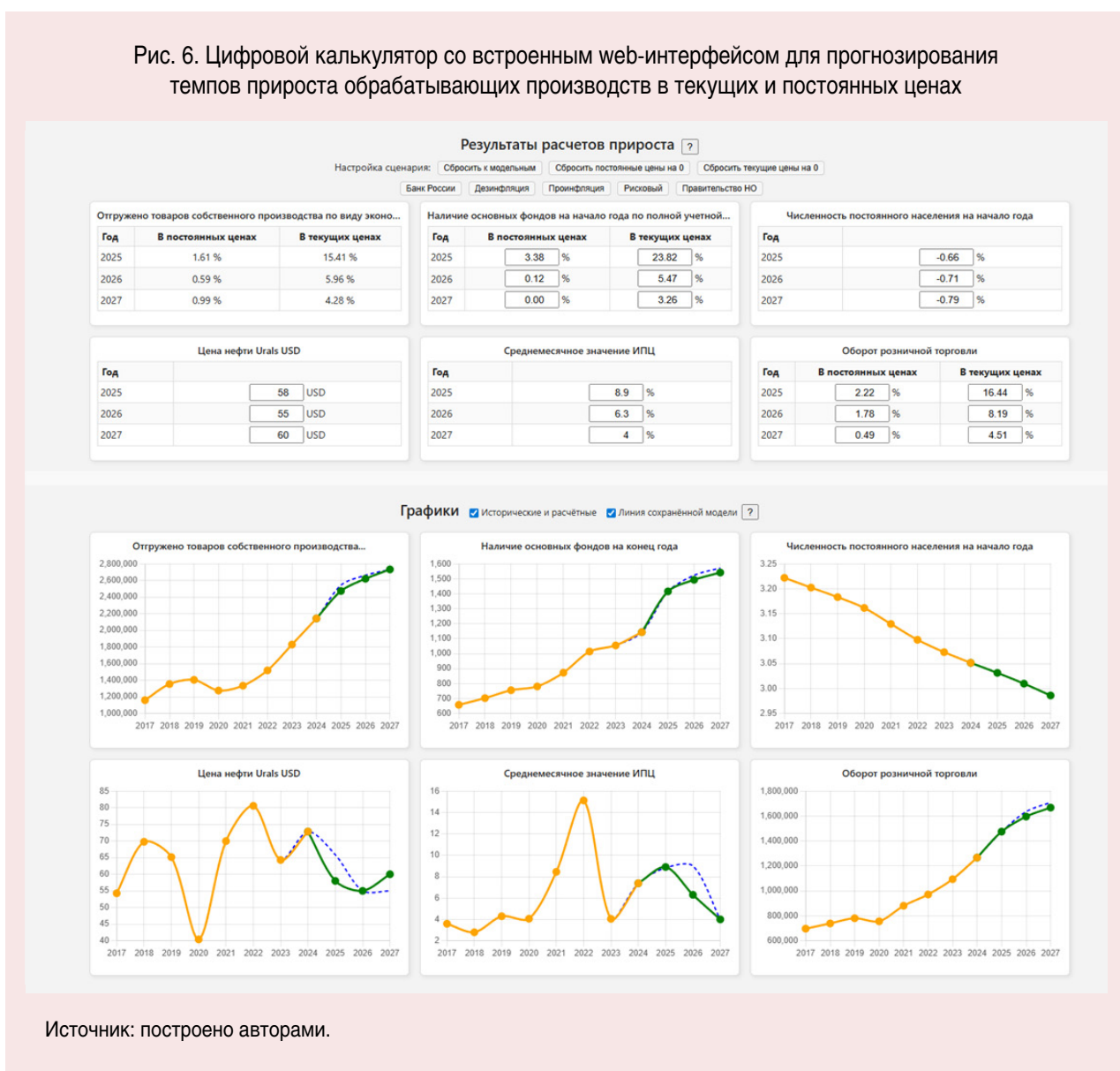
Источник: построено авторами.

ческий калькулятор, реализованный в виде web-страницы и позволяющий пользователю формировать и анализировать альтернативные сценарии социально-экономического развития региона. Калькулятор содержит интерфейс цифрового двойника для сценарного моделирования ключевых экономических показателей на горизонте прогноза 2025–2027 гг. и объединяет в одной форме панель ввода сценарных параметров, табличный вывод исторических и прогнозных значений, модуль визуализации графиков, а также блок расчета приростов, предназначенный для оперативного сравнения

результата при изменении входных данных. Он предусматривает как пассивный режим использования с рядом закрепленных предустановок (значений, которые рассчитаны заранее), так и активный режим, когда пользователь может менять сценарии развития с помощью имеющихся слайдеров.

На рисунке 6 представлен скриншот калькулятора, где пунктирная синяя линия представляет значения, полученные по модели, а зеленая сплошная линия отражает прогноз, сформированный на основе пользовательских изменений, которые отражены в таблицах.

Рис. 6. Цифровой калькулятор со встроенным web-интерфейсом для прогнозирования темпов прироста обрабатывающих производств в текущих и постоянных ценах



Обсуждение результатов исследования

Для проверки адекватности построенных прогнозов результаты были сопоставлены с Прогнозом социально-экономического развития Нижегородской области на среднесрочный период⁵. В нем существует два сценария: базовый и консервативный, однако необходимые для моделирования макроэкономические пока-

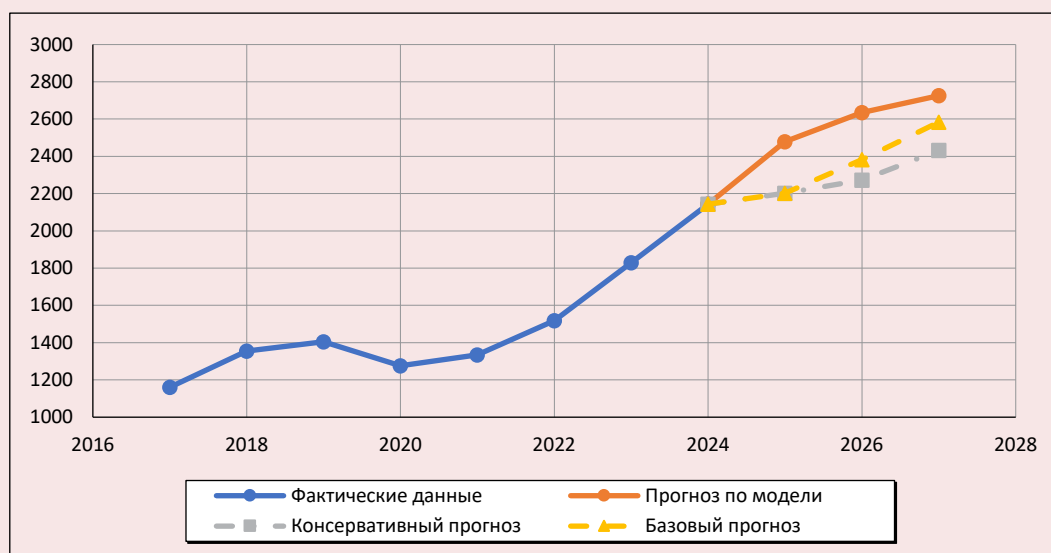
затели указаны только для базового сценария. Рассчитаем прогнозные значения по построенной в рамках исследования модели с учетом сохранения предсказанных нами тенденций для остальных трех показателей. Результаты моделирования в сопоставлении с прогнозами Правительства Нижегородской области представлены в *таблице 6* и на *рисунке 7*.

Таблица 6. Сопоставление результатов моделирования отгрузки продукции обрабатывающей промышленности с прогнозами Правительства Нижегородской области

Год	Цена нефти Urals, \$ за баррель*	Темп инфляции в Нижегородской области, %*	Отгрузка промышленной продукции, прирост, %			
			Прогнозы Правительства*		Модельный прогноз***	
			Базовый	Консервативный	в текущих ценах	в постоянных ценах
2025	59**	8,8	2,76	2,76	15,68	1,93
2026	59	5	8,16	3,19	6,29	1,94
2027	61	4	8,47	7,01	3,43	0,13

Источники: * прогнозы Правительства Нижегородской области (Прогноз социально-экономического развития Нижегородской области на среднесрочный период (на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов). URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/5200202510270003?index=1>); ** данные Минэкономразвития РФ за январь – июнь 2025 г. (Министерство экономического развития Российской Федерации. Конъюнктура мировых товарных рынков. URL: https://www.economy.gov.ru/material/departments/d12/konyunktura_mirovyh_tovarnyh_rynkov/ (дата обращения: 14.02.2026)); *** расчеты авторов.

Рис. 7. Сопоставление результатов моделирования отгрузки продукции обрабатывающей промышленности в текущих ценах с прогнозами Правительства Нижегородской области, млрд руб.



Источник: построено авторами.

⁵ Прогноз социально-экономического развития Нижегородской области на среднесрочный период (на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов). URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/5200202510270003?index=1>

Модельные прогнозы оказались заметно выше прогнозов Правительства Нижегородской области. Кроме того, модельные прогнозы демонстрируют ухудшение положения дел со временем, тогда как правительственные прогнозы показывают улучшение ситуации. В настоящее время уже есть первые оценки отгрузки промышленной продукции по обрабатывающим производствам в Нижегородской области в 2025 году, согласно которым прирост отгрузки в текущих ценах в этом году составил 5,2%⁶, что выше правительственного прогноза, но существенно ниже модельного прогноза. Это отклонение в основном объясняется более высоким значением индекса-дефлятора ИЦП в нашем прогнозе 2025 года (1,135) по сравнению с оценками Росстата (1,0497)⁷. По оценкам Росстата, в реальном выражении темп роста отгрузки в 2025 году составил 0,22%, что ниже модельного прогноза, но выше правительственного.

Базовый прогноз Правительства Нижегородской области включен в предустановленные сценарии в веб-приложении цифрового калькулятора для проведения сравнений с модельными и пользовательскими прогнозами.

Таким образом, представленный цифровой калькулятор может быть применен при рассмотрении различных кейсов «что-если» и проверки различных сценариев будущего развития событий по прогнозированию отгрузки продукции обрабатывающей промышленности. Так, на основе представленной модели было дополнительно проанализировано влияние на изучаемый показатель различных сценариев изменения макроэкономических показателей, разработанных Банком России⁸. В *таблице 7* представлены сценарные показатели цены на нефть и темпов инфляции, а также рассчитанные по построенной нами модели прогнозы отгрузки в текущих ценах и ее приросты в текущих и постоянных ценах. На основании при-

Таблица 7. Модельные прогнозы с учетом различных сценариев Банка России

Год	Цена нефти Urals, \$ за баррель*	Темп инфляции, %*	Прогнозные значения отгрузки**		
			в текущих ценах, млрд руб.	прирост в текущих ценах, %	прирост в постоянных ценах, %
Базовый					
2025	58	8,9	2473,529	15,41	1,61
2026	55	6,3	2620,920	5,96	0,59
2027	60	4	2733,085	4,28	0,99
Дезинфляционный					
2025	58	8,9	2473,529	15,41	1,61
2026	55	6	2617,698	5,83	0,70
2027	60	4	2728,706	4,24	0,95
Проинфляционный					
2025	58	8,9	2473,529	15,41	1,61
2026	55	6,9	2627,294	6,22	0,36
2027	55	4,5	2711,124	3,19	-0,43
Рисковый					
2025	58	8,9	2473,529	15,41	1,61
2026	35	9,8	2519,934	1,88	-5,82
2027	30	12,6	2614,595	3,76	-5,33

Источники: * сценарии Банка России (Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2026 год и период 2027 и 2028 годов. М.: Центральный банк Российской Федерации, 2025. С. 71, 77, 81, 85. URL: https://www.cbr.ru/about_br/publ/ondkp/on_2026_2028/; ** расчеты авторов.

⁶ Росстат. URL: https://www.rosstat.gov.ru/enterprise_industrial (дата обращения: 09.02.2026).

⁷ Росстат. URL: <https://www.rosstat.gov.ru/statistics/price> (дата обращения: 09.02.2026).

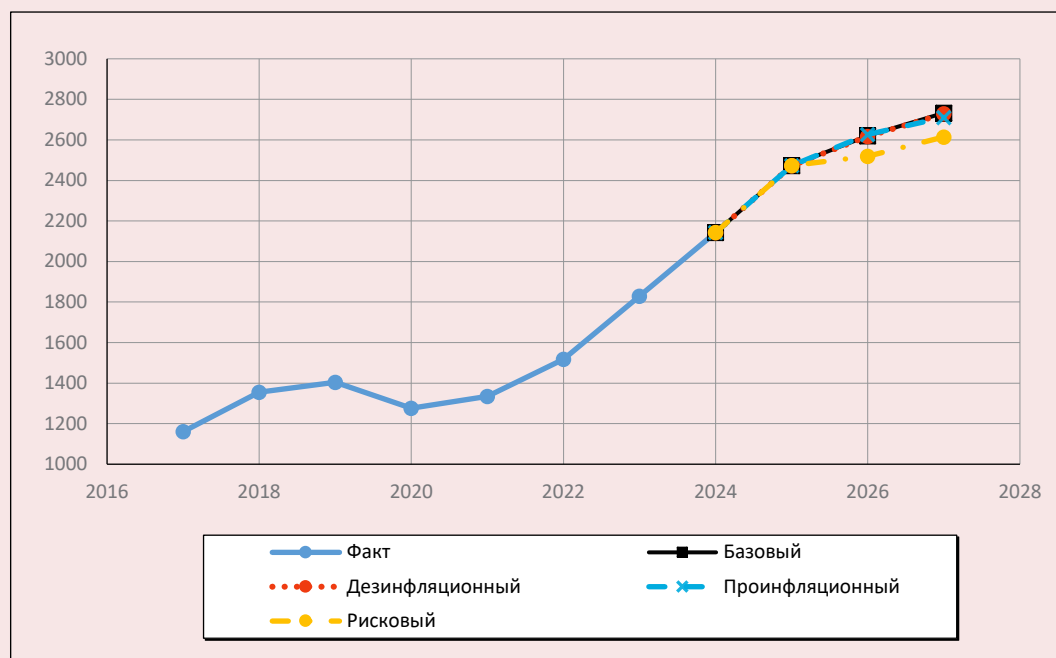
⁸ Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2026 год и период 2027 и 2028 годов. М.: Центральный банк Российской Федерации, 2025. URL: https://www.cbr.ru/about_br/publ/ondkp/on_2026_2028/

веденных результатов можно видеть, как макроэкономические факторы влияют на изменение отгрузки продукции обрабатывающей промышленности в Нижегородской области (рис. 8). По первым оценкам, прирост объемов производства обрабатывающего сектора в Нижегородской области в 2025 году составил 1,1%⁹, что оказалось близко к модельному прогнозу на основе сценариев Банка России.

Очевидно, экономическая ситуация в Нижегородской области не описывается одним показателем, поэтому проведенное моделирование является частью работы по созданию более крупного комплекса прогнозных показателей, которые составляют взаимосвязанную систему и служат основой цифрового двойника Нижегородской области. Такой комплекс позволит понимать, какие текущие события и возможные будущие изменения (в том числе шоки) будут приводить к тем или иным последствиям для региона. Оценка их

воздействия на региональный рынок позволит органам власти принимать обоснованные решения относительно поддержки предприятий, налогового стимулирования и инвестиционных проектов. Результаты работы были представлены в Министерстве экономического развития и инвестиций Нижегородской области. Также цифровой калькулятор может быть полезен для других органов власти при проведении сценарного анализа последствий принимаемых решений. Например, в работе (Малкина и др., 2025) представлено моделирование валовой добавленной стоимости промышленности Нижегородской области как еще одного ключевого экономического показателя Нижегородской области. Следующим этапом будет построение прогнозных моделей для других отраслей и создание обобщающего веб-приложения, повторяющего структуру взаимосвязей Нижегородской экономики и являющегося цифровым двойником региона.

Рис. 8. Модельные прогнозы с учетом различных сценариев Банка России для отгрузки продукции обрабатывающей промышленности Нижегородской области, млрд руб.



Источник: построено авторами.

⁹ Промышленность Нижегородской области в 2025 году сохранила рост // Коммерсантъ. Приволжье. 08.02.2026. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8419004> (дата обращения: 11.02.2026).

Заключение

Исследование показало, что использование эконометрических авторегрессионных моделей с распределенными лагами позволяет эффективно прогнозировать уровень отгрузки продукции обрабатывающей промышленности в Нижегородской области. Выявлено, что основное влияние на отгрузку оказывают такие факторы, как наличие основных фондов по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства», численность постоянного населения на начало года, оборот розничной торговли, среднемесячное значение индексов потребительских цен на товары и услуги, а также цена нефти бренда Urals. Построенные модели были использованы в качестве базы для создания цифрового калькулятора, который пред-

ставляет собой гибкий инструмент сценарного анализа, сочетающий табличное и графическое представление данных, эконометрические расчеты и систему пользовательских настроек. Цифровой калькулятор для отгрузки является частью более сложного продукта – цифрового двойника региона. Его использование позволяет оперативно оценивать последствия изменения ключевых макроэкономических параметров, сравнивать альтернативные сценарии развития и формировать аналитически обоснованные выводы о динамике социально-экономических показателей региона. В связи с этим данный инструмент представляется весьма полезным для органов власти и других пользователей при планировании и оптимизации производственных процессов.

Литература

- Бажанов В.А., Орешко И.И. (2019). Обрабатывающие производства России: санкции, импортозамещение // ЭКО. № 1 (535). С. 75–92.
- Власенко М. (2019). Использование интерполяционных кубических сплайнов при восстановлении пропусков во временных рядах данных // Банковский вестник. № 7 (672). С. 31–36. URL: <https://www.nbrb.by/bv/pdf/articles/10644.pdf>
- Гладких М.О., Малугина Е.Г. (2023). Тенденции развития обрабатывающей промышленности Воронежской области в условиях комплексного воздействия негативных факторов внешней среды // Современная экономика: проблемы и решения. № 9 (165). С. 63–78. DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2023/9/63-78
- Губарев Р.В., Володин А.И., Дзюба Е.И. [и др.] (2020). Повышение эффективности инвестиционно-промышленной политики России // Экономика и математические методы. Т. 56. № 1. С. 54–66. DOI: 10.31857/S042473880008479-5
- Домнич Е.Л. (2023). Экономические эффекты технологических инноваций в обрабатывающей промышленности России и Дальнего Востока // Пространственная экономика. Т. 19. № 4. С. 84–116. DOI: 10.14530/se.2023.4.084-116
- Калинина А.Э., Калинина В.В. (2012). Многофакторная оценка состояния промышленности регионов Южного федерального округа (ЮФО) // Современные проблемы науки и образования. № 5.
- Капитанова О.В., Зиняков Ю.В. (2023). Об использовании производственных функций для моделирования экономики Российской Федерации // Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики: сборник научных статей по итогам III Всероссийского научно-практического семинара, Нижний Новгород, 24 апреля 2023 года / редколлегия: Ю.А. Кузнецов, О.В. Капитанова. Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. С. 88–96.
- Крупко А.Э., Фетисов Ю.М., Рогозина Р.Е. (2018). Моделирование факторов устойчивого развития промышленного производства ЦФО // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. Т. 15. № 7. С. 56–66.
- Малкина М.Ю. (2025). Факторы экономического роста Нижегородской области: моделирование ВРП с использованием данных регионов-двойников // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 18. № 2. С. 76–89. DOI: 10.15838/esc.2025.2.98.4
- Малкина М.Ю., Капитанова О.В., Семенов А.В. (2025). Анализ и прогнозирование валовой добавленной стоимости промышленности на примере Нижегородской области // Экономика промышленности. Т. 18. № 4. С. 544–558. DOI: 10.17073/2072-1633-2025-4-1493

- Михеева Н.Н. (2018). Долгосрочные прогнозы регионального развития: анализ результатов и проблемы разработки // Проблемы прогнозирования. № 5 (170). С. 24–38.
- Пильник Н.П., Радионов С.А., Языков А.А. (2018). Модель оптимального поведения современной российской банковской системы // Экономический журнал Высшей школы экономики. Т. 22. № 3. С. 418–447. DOI: 10.17323/1813-8691-2018-22-3-418-447
- Пирогова Л.В., Майорова В.В. (2025). Трансформация промышленного комплекса Центрального федерального округа по итогам 2021–2024 годов // Современная экономика: проблемы и решения. № 11. С. 36–50. DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2025/11/36-50
- Полынев А.О. (2020). Развитие методического подхода к среднесрочному прогнозированию экономического роста регионов на основе декомпозиции показателей макропрогноза по России // Региональная экономика. Юг России. Т. 8. № 1. С. 63–74. DOI: 10.15688/re.volsu.2020.1.6
- Руденко Л.Г. (2024). Методика прогнозирования валовой добавленной стоимости обрабатывающей промышленности в регионе // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. № 1 (77).
- Сергеева Н.М., Скрипкина Е.В. (2024). Оценка изменения структуры ВДС России в условиях усиления кризиса // Азимут научных исследований: экономика и управление. № 13 (3). С. 74–77.
- Соколова О.А., Сидоров М.А. (2022). О прогнозировании динамики показателей промышленного производства региона (на материалах Вологодской области) // Вопросы территориального развития. Т. 10. № 2. DOI: 10.15838/tdi.2022.2.62.2
- Тиндова М.Г., Леднева О.В. (2023). Анализ инструментальных методов моделирования стохастических процессов в экономике // Прикладная информатика. Т. 18. № 2 (104). С. 132–143. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-2-132-143
- Трещевский Ю.И., Макаров М.В., Климов Н.А., Никульников П.Д. (2020). Прогнозирование развития обрабатывающей промышленности региона с использованием стандартных программ формирования нейросетей // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. Т. 10. № 1. С. 118–129.
- Швайка О.И., Хрипин В.А. (2025). Экономико-статистический анализ промышленного производства в Российской Федерации // Отходы ресурсы. Т. 12. № 2. DOI: 10.15862/10EKOR225
- Щетилов А.В. (2025). Статистический анализ динамики перерабатывающей отрасли России в 2015–2030 годах (на примере металлообработки и машиностроения) // Экономика и парадигма нового времени. № 9 (42). С. 5–16.
- Akhmadjanov A.A., Hakimov S. (2025). Forecasting industrial growth using multi-stage regression and elasticity analysis. *Academia Open*, 10(1). DOI: 10.21070/acopen.10.2025.10878
- Baum C., Hurn S., Otero J. (2025). The dynamics of U.S. industrial production: A time-varying Granger causality perspective. *Econometrics and Statistics*, 33(C), 13–22. DOI: 10.1016/j.ecosta.2021.10.012
- Bodo G., Golinelli R., Parigi G. (2000). Forecasting industrial production in the Euro area. *Empirical Economics*, 25, 541–561. DOI: 10.1007/s001810000032
- Georgieva Svrтинov V., Todevski D. (2025). Forecasting industrial production in the eurozone: A scenario-based analysis using macroeconomic indicators. *Journal of Economics*, 10(1), 35–42. DOI: 10.46763/JOE2510135gs
- Ji X. (2025). Application of ARIMAX model in analyzing and predicting U.S. GDP growth rate and inflation rate. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 240(1), 196–201. DOI: 10.54254/2754-1169/2025.BL29813
- Lu T. (2024). Research on Nanyang city's industrial development based on statistical analysis and ARIMA forecasting. *Highlights in Business, Economics and Management*, 41, 625–631. DOI: 10.54097/400anp09
- Makarenya T., Kalinichenko A., Mannaa A., Petrenko S. (2024). Forecasting the development of the industrial complex: Southern Federal District. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 17. DOI: 10.2478/ijssis-2024-0006
- Pobuda P. (2020). The digital twin of the economy: Proposed tool for policy design and evaluation. *Real-World Economics Review*, 94, 140–148. Available at: <http://www.paecon.net/PAEReview/issue94/Pobuda94.pdf>

- Portilla E., Carrillo A., Larrea P. (2025). Performance comparison of interpolation methods for precipitation data reconstruction: Kriging, polynomial interpolation, cubic splines, and neural networks. *International Journal of Environmental Sciences*, 11(7), 505–516. DOI: 10.64252/2m0vge06
- Ribeiro S.M., Castro C.L. (2022). Missing data in time series: A review of imputation methods and case study. *Learning and Nonlinear Models. Journal of the Brazilian Society on Computational Intelligence (SBIC)*, 20(1), 31–46. Available at: <https://sbic.org.br/lnlm/wp-content/uploads/2022/12/vol20-no1-art3.pdf>
- Rizki S.W., Didenko N.I. (2025). Analysis of economic development and economic interaction in ASEAN countries: ARDL model approach. *Journal of Applied Economic Research*, 24(3), 754–785. DOI: 10.15826/vestnik.2025.24.3.025
- Sahoo M., Mohanty S., Sahu P. (2025). Linkages between financial development and the growth dynamics of the manufacturing industry: Empirical evidence from India. *Journal of Economic and Administrative Sciences*, 1–22. DOI: 10.1108/JEAS-08-2024-0293.
- Serban A.C., Pelinescu E., Dospinescu A. (2021). Beta convergence analysis of gross value added in the high-technology manufacturing industries. *Technological and Economic Development of Economy*, 28, 1–23. DOI: 10.3846/tede.2021.15918
- Singh M., Fuenmayor E., Hinchy E.P. et al. (2021). Digital twin: Origin to future. *Applied System Innovation*, 4(2), 36. DOI: 10.3390/asi4020036
- Turan E., Konuskan K., Yildirim N. et al. (2022). Digital twin modelling for optimizing the material consumption: A case study on sustainability improvement of thermoforming process. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 35, 100655. DOI: 10.1016/j.suscom.2022.100655
- Wang C., Peng X., Dixon J., Zhao C. (2025). Economic growth, industrial dynamics and industrial policy: The role of investment and production subsidies. *Economic Analysis and Policy*, 88(C), 1819–1837. DOI: 10.1016/j.eap.2025.11.007
- Warke V., Kumar S., Bongale A., Kotecha K. (2021). Sustainable development of smart manufacturing driven by the digital twin framework: A statistical analysis. *Sustainability*, 13(18), 10139. DOI: 10.3390/su131810139
- Zervas A., Thomakos D. (2026). The fiscal policy blend and its impact on sectoral growth: The case of Greece. *Economic Modelling*, 155(C), 107395. DOI: 10.1016/j.econmod.2025.107395

Сведения об авторах

Марина Юрьевна Малкина – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры, заместитель директора, Институт экономики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (Российская Федерация, 603140, г. Нижний Новгород, пр. Ленина, д. 27; e-mail: mmuri@yandex.ru)

Алексей Валерьевич Семенов – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой, Институт экономики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (Российская Федерация, 603140, г. Нижний Новгород, пр. Ленина, д. 27; e-mail: semalval@mail.ru)

Ольга Владимировна Капитанова – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры, Институт экономики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (Российская Федерация, 603140, г. Нижний Новгород, пр. Ленина, д. 27; e-mail: miovb@yandex.ru)

Дмитрий Юрьевич Рогачев – кандидат социологических наук, доцент кафедры, Институт экономики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (Российская Федерация, 603140, г. Нижний Новгород, пр. Ленина, д. 27; e-mail: rogistyle@mail.ru)

Malkina M.Yu., Semenov A.V., Kapitanova O.V., Rogachev D.Yu.

Forecasting and Managing the Development of Regional Manufacturing Based on Econometric Modeling and Digital Interface

Abstract. The article focuses on modeling, forecasting, and scenario-based management of manufacturing output, using the Nizhny Novgorod Region as a case study. The relevance of the work stems from the need of government authorities and businesses for a reliable tool when making strategic decisions under conditions of economic uncertainty. The main objective is to construct econometric models that provide medium-term forecasts of industrial output shipments and to develop a digital calculator with a web interface for analyzing various scenarios of industrial sector development. The scientific novelty of the study is fourfold: (1) an extended Cobb – Douglas production function incorporating macro-level conditions is refined; (2) an approach to separately modeling the real and inflationary components of industrial output shipments is proposed and implemented; (3) a novel methodological technique for forecasting one price index (the producer price index, PPI) based on another (the consumer price index, CPI) is proposed and implemented; and (4) new approaches to scenario modeling of the regional economy that incorporate macro-forecasts are proposed and implemented. The study employs a wide range of time-series econometric methods, including ARIMAX and ARDL models, stationarity tests, residual diagnostics, and automated specification selection. The principal findings consist of two predictive ARDL models, which were integrated into the newly developed digital calculator with a user-friendly web interface. It is shown that real manufacturing output in the Nizhny Novgorod Region is influenced by the value of fixed assets in the “Manufacturing” type of economic activity, the permanent resident population, retail trade turnover, the monthly average consumer price index, and the price of Urals crude oil. Based on the constructed models, a digital calculator was developed – a flexible tool that enables users to promptly assess the consequences of changes in key macroeconomic parameters, compare alternative development scenarios, and produce analytically grounded forecasts of the region’s manufacturing development. This tool appears highly useful for government authorities and other users in planning and optimizing production processes.

Key words: manufacturing, volume of industrial output shipments, Nizhny Novgorod Region, ARDL model, ARIMAX model, digital calculator.

Information about the Authors

Marina Yu. Malkina – Doctor of Sciences (Economics), Professor, professor of department, deputy director, Institute of Economics, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (27, Lenin Avenue, Nizhny Novgorod, 603140, Russian Federation; e-mail: mmuri@yandex.ru)

Aleksei V. Semenov – Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor, head of department, Institute of Economics, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (27, Lenin Avenue, Nizhny Novgorod, 603140, Russian Federation; e-mail: semenov-av@iee.unn.ru)

Olga V. Kapitanova – Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), associate professor of department, Institute of Economics, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (27, Lenin Avenue, Nizhny Novgorod, 603140, Russian Federation; e-mail: mio6@yandex.ru)

Dmitry Yu. Rogachev – Candidate of Sciences (Sociology), associate professor of department, Institute of Economics, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (27, Lenin Avenue, Nizhny Novgorod, 603140, Russian Federation; e-mail: rogistyle@mail.ru)

Статья поступила 15.02.2026.