

# ЭКОНОМИКА ТЕРРИТОРИИ

DOI: 10.15838/tdi.2022.2.62.2

УДК 332.144 | ББК 65.054

© Соколова О.А., Сидоров М.А.

## О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА РЕГИОНА (НА МАТЕРИАЛАХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ)



### ОЛЬГА АЛЕКСЕЕВНА СОКОЛОВА

Вологодский научный центр Российской академии наук

Вологда, Российская Федерация

e-mail: sokolov.olia@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-0267-1479; ResearcherID: ABB-4139-2020



### МАКСИМ АНДРЕЕВИЧ СИДОРОВ

Вологодский научный центр Российской академии наук

Вологда, Российская Федерация

e-mail: ma.sidorov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5683-8182; ResearcherID: N-3104-2018

*Необходимость прогнозирования объема промышленного производства связана с ростом влияния и важности данной отрасли для развития как отдельных регионов, так и страны в целом. Индустриальный сектор занимает особое место среди факторов социально-экономического развития региона, отчего прогнозирование динамики его показателей несет особую ценность. Поэтому проблема повышения точности полученных данных становится еще более актуальной. Выполненный анализ источников позволил сделать вывод о целесообразности применения смешанных моделей, совмещающих сильные стороны различных подходов. В статье для наибольшей достоверности расчетных значений предложено использовать преимущества различных методов – регрессионного анализа и экстраполяционных трендов. На основании корреляционного анализа определены индикаторы, показавшие высокую степень взаимной согласованности с зависимой переменной. Проведен регрессионный анализ, по результатам которого разработана модель множественной регрессии, включающая показатели объема промышленного производства, инвестиций в основной капитал промышленных производств и численности занятых в промышленности. Качество разработанной модели оценено с помощью критерия Фишера и коэффициента детерминации. Для расчета ожидаемых значений независимых переменных использованы полиномиальная и экспоненциальная функции. Прогнозная величина показателей промышленного производства получена путем последовательной подстановки най-*

денных значений в уравнение множественной регрессии. Таким образом, определен методический и аналитический базис для дальнейшего продолжения исследования по выбранному направлению. В качестве следующих шагов будет проанализирована и оценена роль фактора промышленного производства и прочих отраслей экономики в регионах Северо-Запада России, после чего ключевым этапом видится разработка интегрального показателя экономической динамики регионов, который будет служить опережающим оперативным индикатором.

*Прогнозирование, регрессионные модели, экономическое моделирование, промышленное производство, занятость в промышленности, Вологодская область.*

#### БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-010-00643.

#### Введение

Прогнозирование предстает значимой формой управления процессами социально-экономического развития региона. В широком смысле прогноз – это предполагаемый сценарий развития некоторого процесса при возможных изменениях внешней среды. В настоящее время вопросы прогнозирования социально-экономического развития являются весьма актуальными, поскольку, согласно действующему законодательству, выступают основой для планирования бюджета региона на различные временные периоды. Кроме того, прогнозные индикаторы важны и для выявления направлений совершенствования системы стратегического планирования. Особое место в прогнозировании социально-экономического развития региона занимает промышленное производство. Промышленность – важнейшая отрасль экономики региона, обеспечивающая ведущую роль структурных преобразований экономики, внедрение достижений НТП, ускорение развития экономики региона и более полное удовлетворение потребностей общества (Ускова и др., 2013).

Исследование отечественного и зарубежного опыта в области прогнозирования показало, что степень обоснованности и точности полученных результатов во многом зависит от методик, используемых при получении прогнозных значений (Bom, Rachinger, 2019; Jadhav et al., 2017; Growiec, 2018; Liu, Papageorgiou, 2019; Mo et al., 2020; Motorin, 2015; Tomal, Ciborowski, 2020; Аитова, Орешников, 2017; Кашинцев, 2015; Клименко и др.,

2022; Лясковская, 2022; Носков, 2022; Носков, Бычков, 2022; Орешников, Аитова, 2019; Труфанова, Нещеменко, 2019; Халява, Ерыгин, 2022). В своих работах ученые применяют различный методический инструментарий, большей популярностью пользуются экономико-математические, нейросетевые и имитационные модели. Изучение работ по исследуемой теме выявило целесообразность применения моделей, сочетающих преимущества различных подходов. Таким образом, для выявления взаимосвязи между показателями и составления уравнения зависимости было принято решение воспользоваться методом регрессионного анализа, поскольку с его помощью можно легко оценить степень тесноты связи между показателями. Для прогнозирования независимых переменных в уравнении регрессии использован экстраполяционный метод как наиболее наглядный и доступный способ расчета прогнозных значений.

При этом исследователи приходят к различным выводам при анализе социально-экономических систем в зависимости от масштаба изучаемых территорий. Так, на уровне страны воздействие инвестиций и течения времени на промышленное производство является несущественным, в то время как достаточно сильное влияние оказывает производительность труда (Рыбалкина, Тусков, 2018). На региональном уровне чаще исследуется взаимосвязь характеристик инвестиционной активности и ВРП (Трусова, 2013). На уровне муниципальных образований (в частности на примере г. Салават Респуб-



**Рис. 1. Индекс физического объема производства промышленной продукции, % к предыдущему году**

Составлено по: данные Росстата.

лики Башкортостан) авторы отмечают, что ключевыми факторами развития являются бюджетные трансферты и динамика доходов населения (Орешников, Аитова, 2019).

Таким образом, целью нашего исследования стало прогнозирование показателей промышленного производства Вологодской области на долгосрочный период (до 2032 года). Следующий шаг состоит в определении дальнейших задач исследования: рассмотреть динамику ретроспективного и текущего развития промышленного производства региона; исследовать показатели, проявившие высокую степень согласованности в изменении признаков; разработать линейную модель множественной регрессии и произвести расчеты прогнозных значений.

#### **Ретроспективный анализ промышленного производства**

К ведущим отраслям промышленности Вологодской области относятся металлургия, химическая промышленность, деревообработка, производство готовых металлических изделий, машин и оборудования, пищевых продуктов, обеспечение электрической энергией, газом и паром<sup>1</sup>.

По данным Росстата, за 2021 год объем отгруженных товаров собственного произ-

водства, выполненных работ и услуг собственными силами в промышленности составил 1295,6 млрд руб., что в сопоставимых ценах на 0,2% выше уровня предыдущего года. В структуре видов экономической деятельности выпуск предприятий обрабатывающей промышленности составил 96,2%, производства и распределения электроэнергии, газа и воды – 3,7%, добычи полезных ископаемых – 0,1%. В целом динамика индекса физического объема производства промышленных товаров в регионе схожа с общероссийской (рис. 1).

Резкое снижение индекса физического объема производства промышленной продукции отмечалось в 2009 году, основная причина – последствия финансово-экономического кризиса. В Вологодской области снижение темпов роста наблюдалось и в 2012–2013 гг. Указанный временной промежуток также пришелся на годы экономической нестабильности. При этом отмечено расхождение в динамике на региональном и страновом уровне в 2020–2021 гг., что во многом обусловлено различной структурой промышленности и снижением спроса на металлопрокат (вследствие охлаждения инвестиционных тенденций) на мировых рынках в период пандемии.

<sup>1</sup> По данным Департамента стратегического планирования Правительства области на основании данных Росстата, Вологдастата.

**Моделирование показателей корреляционно-регрессионным методом**

В ходе разработки регрессионной модели была использована классическая экономическая зависимость между объемом промышленного производства, инвестициями и трудовыми ресурсами (Марченко, Бурдакова, 2019). Для нейтрализации воздействия стоимостного, объемного, качественного и структурного факторов выполнен пересчет стоимостных показателей из фактических в сопоставимые цены (табл. 1).

**Таблица 1. Исходные данные, в ценах 2021 года**

Год	Объем промышленного производства, млн руб.	Инвестиции в основной капитал промышленных производств, млн руб.	Численность занятых в промышленности, тыс. чел.
	Y	X1	X2
2005	900	217	143,3
2006	964	175	138,1
2007	1012	176	136,6
2008	964	174	132,6
2009	872	135	117,2
2010	975	173	116,0
2011	1030	219	117,7
2012	1043	204	114,9
2013	1070	161	110,3
2014	1109	137	103,1
2015	1138	156	97,0
2016	1136	163	94,1
2017	1163	160	97,7
2018	1216	138	94,5
2019	1264	199	93,7
2020	1293	273	93,0
2021	1296	207	90,5

Источник: данные Росстата.

Объем промышленного производства – это зависимая переменная Y. Предположим, что на нее оказывают влияние независимые переменные X1 – инвестиции в основной капитал и X2 – численность занятых в экономике.

Для оценки тесноты связи между показателями применялся метод корреляционного анализа. Линейный коэффициент корреляции может принимать значения от -1 до +1, в зависимости от этого связь между признаками может быть слабой или сильной (тесной) (Яшин, Солдатова, 2015). Оценка этой зависимости производится в соответствии со шкалой Чеддока:

- $r_{xy} < 0,1$  – отсутствует;
- $0,1 < r_{xy} < 0,3$  – слабая;
- $0,3 < r_{xy} < 0,5$  – умеренная;
- $0,5 < r_{xy} < 0,7$  – заметная;
- $0,7 < r_{xy} < 0,9$  – высокая;
- $0,9 < r_{xy} < 1$  – весьма высокая.

При этом в качестве данных использована динамика индикаторов к уровню 2021 года, принятому в качестве 100%. Подобный подход успешно апробирован в работе В.А. Бессонова<sup>2</sup>. В результате проведенного анализа получена матрица коэффициентов парной корреляции (рис. 2).

	Y	X1	X2
Y	1		
X1	0,815237555	1	
X2	-0,857179608	-0,6431775	1

**Рис. 2. Результат корреляционного анализа**

Источник: составлено авторами.

Анализ первого столбца матрицы показал, что компоненты «Инвестиции в основной капитал промышленных производств» (0,8152) и «Численность занятых в промышленности» (-0,8571) по абсолютному значению проявляют высокую связь с зависимой переменной, вследствие чего в дальнейших расчетах они были включены в линейную модель множественной регрессии. Минусовое значение при коэффициенте X2 означает обратную зависимость индикаторов.

Значимость полученных коэффициентов корреляции модели (между Y и X1, Y и X2) оценена с использованием t-статистики:

<sup>2</sup> Бессонов В.А. Проблемы построения производственных функций в российской переходной экономике. URL: <https://www.iep.ru/files/text/usaid/PAPERF.pdf> (дата обращения 28.07.2020).

$$t_{расч1} = \frac{r_{YX1}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{YX1}^2}} = \frac{0,815\sqrt{17-2}}{\sqrt{1-0,815^2}} = 5,45$$

$$t_{расч2} = \frac{r_{YX2}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{YX2}^2}} = \frac{0,857\sqrt{17-2}}{\sqrt{1-(0,857)^2}} = 6,44$$

где:

r – выборочный коэффициент корреляции;

n – объем выборки.

Табличное значение критерия Стьюдента соответствует  $t_{табл} = 2,1315$ . Сопоставив полученные величины индикаторов с табличными, можно сделать вывод о том, что соответствующие показатели коэффициентов корреляции являются значимыми ( $t_{расч} > t_{табл}$ ).

Результат проведенного регрессионного анализа переменных приведен на рис. 3.

Согласно протоколу анализа, уравнение зависимости объема промышленного производства от инвестиций в основной капитал промышленности и численности занятых в промышленности представлено ниже:

$$Y = 112,31 + 0,176 * X1 - 0,295 * X2 \quad (1)$$

Интерпретировать уравнение можно следующим образом:

– свободный член уравнения 112,31 показывает усредненную величину промышленного производства при  $X1 = X2 = 0$ ;

– коэффициент переменной X1 показывает, что увеличение инвестиций в основной капитал промышленных производств на 1% сопряжено с приростом выпуска промышленности на 0,176%, что может быть связано с высокой капиталоемкостью современного промышленного оборудования;

– коэффициент переменной X2 показывает, что растущая в ходе модернизации производительность труда работников промышленных производств позволяет обходиться меньшей численностью производственного персонала (этот показатель снижается на 1% при росте промышленного производства на 0,295%).

Качество линейной модели множественной регрессии проверено с помощью ко-

Регрессионная статистика				
Множественный R	0,923879629			
R-квадрат	0,853553569			
Нормированный R-к	0,83263265			
Стандартная ошибка	4,1746262			
Наблюдения	17			
Дисперсионный анализ				
	df	SS	MS	F
Регрессия	2	1422,051136	711,0255682	40,79904799
Остаток	14	243,9850547	17,42750391	
Итого	16	1666,036191		
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение
Y-пересечение	112,318	10,17802951	11,03534528	2,72117E-08
Переменная X 1	0,176	0,052275591	3,369975835	0,004578343
Переменная X 2	-0,295	0,069343497	-4,249991562	0,000808158

Рис. 3. Протокол регрессионного анализа

Источник: составлено авторами.

эфициента детерминации  $R_2$  (Кинякин, Милевская, 2014). Было определено, что переменными «Инвестиции в основной капитал промышленных предприятий» и «Численность занятых в промышленности» обусловлено 85,4% вариации индикатора «Объем промышленного производства», еще 14,7% объясняется влиянием прочих обстоятельств, не используемых в модели.

Значимость уравнения множественной регрессии оценена с использованием критерия Фишера. Расчетное значение F-критерия, как и коэффициента детерминации  $R^2$ , приведено в протоколе регрессионного анализа (значение равно 40,8). Уравнение регрессии можно считать значимым на уровне  $\alpha$ , так как расчетное значение  $F > F_{\text{табл.}}$ , где  $F_{\text{табл.}}$  – табличное значение F-критерия Фишера, равное 3,68. Следовательно, допустимо использование данного уравнения для анализа и прогнозирования.

Для расчета прогнозных значений объема промышленного производства (Y) необходимо найти ожидаемые значения факторов инвестиций в основной капитал промышленных производств (X1) и численности занятых в промышленности (X2). Для расчета прогнозных значений показателей использовались экстраполяционные методы.

Для фактора X1 «Инвестиции в основной капитал промышленных производств» в качестве аппроксимирующей функции определена следующая полиномиальная модель:

$$X1 = 0,4277x^2 - 3,6218x + 31,07$$

График полученной модели временного ряда приведен на рис. 4. Используя данную функцию, с вероятностью 75,4% ( $R^2 = 0,7537$ ) можно утверждать, что к 2032 году ожидаемый объем инвестиций в основной капитал промышленных производств вырастет на 19,2% к уровню 2021 года (или на 99,1 млрд руб. в постоянных ценах). Спрогнозированные значения, основываясь на ретроспективных данных, демонстрируют стабильный рост показателя на протяжении всего исследуемого периода.

При этом на фоне санкционного давления, существенно затрудняющего поступление инвестиций и компонентов из внешних источников, остаются чрезвычайно актуальными вопросы выявления ресурсов для проведения мероприятий, имеющих целью построение современного индустриально-го базиса в российской экономике. В связи с этим нам видится безальтернативной концентрация внимания на внутренних факторах формирования собственного про-

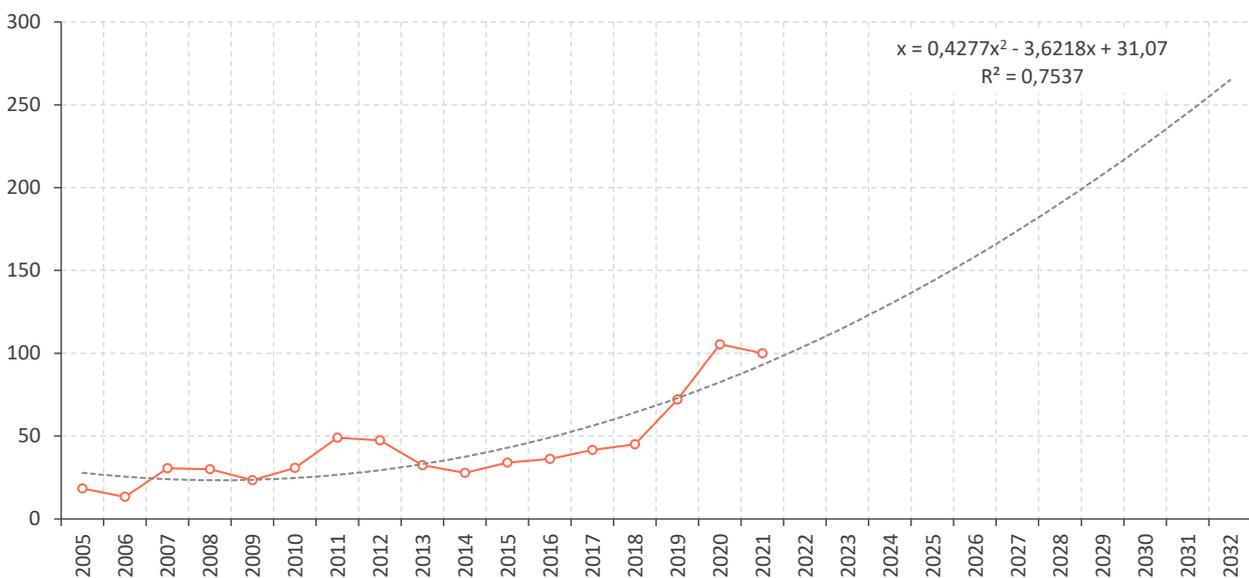


Рис. 4. Ожидаемый объем инвестиций в основной капитал промышленных производств

Источник: составлено авторами.

мышленного капитала. Однако для их вовлечения в воспроизводственный процесс потребуются понятное для всех слоев населения направление развития отечественной экономики и соответствующая промышленная политика. Можно привести для сравнения опыт советской индустриализации, проводимой при более жестких условиях, но поддерживаемой осмысленной политической волей.

Другой важной задачей является конвертация сырьевого потенциала России в конкурентный. Ключевым приоритетом должно стать производство продукции более высоких переделов из первичного сырья (в случае Вологодской области речь идет о металлах, химических веществах, древесине).

Также стоит отметить сдерживающее влияние фискальной и монетарной государственной политики, во многом ориентирующейся на уровень инфляции и курс национальной валюты. Такой подход учитывает на «симптомы», являющиеся своего рода производной от реальных экономических процессов, и потому уместен для опоры бюджета на экспорт энергоресурсов, но создает определенные трудности для структурных преобразований экономики, ставящих целью организацию высокодоходных производств и увеличение производительности труда. При этом льготы определенным категориям предпринимателей не способны перекрыть тормозящее действие от завышения ставок на коммерческое кредитование, поскольку лишают производителей-льготников приемлемого объема внутреннего спроса, что отчасти подтверждается динамикой трудовых индикаторов промышленности, концентрирующейся по большей части на производстве и избегающей наращивания трат на НИОКР.

В то же время отметим, что со стороны органов власти предпринимаются усилия по повышению устойчивости экономики в «проблемных» аспектах. В частности, в последние годы нарастает интерес к вовлечению территорий во внутривосточные произ-

водственные цепочки, о чем свидетельствует закрепление их значимости в качестве фактора развития внутреннего рынка в Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации<sup>3</sup> («В сфере потребительских товаров следует сосредоточиться на обеспечении платежеспособного спроса, как внутреннего, так и внешнего»). Установление в Стратегии в качестве общего принципа развития промышленности выхода на смежные стадии производственных цепочек подразумевает рост потенциала внутривосточной кооперации.

Для прогнозирования временного ряда «Численность занятых в экономике промышленности» выбрана следующая экспоненциальная функция:

$$X_2 = 159,12e^{-0,03x}$$

Используя данную функцию, с вероятностью 94,2% ( $R^2 = 0,9423$ ) можно утверждать, что к концу прогнозного периода численность занятых в экономике составит 60,3 тыс. чел. (рис. 5). Ожидается, что численность занятых в промышленности, с учетом изменений за 2005–2021 гг., будет постепенно уменьшаться, что может быть обусловлено снижением потребности в производственном персонале при модернизации промышленности.

Прогнозные значения показателя «Объем промышленного производства» были найдены с помощью последовательной подстановки установленных значений в уравнение (1). Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таким образом, на практике была подтверждена классическая экономическая теория о том, что объем производства напрямую зависит от инвестиций и трудовых ресурсов. Ожидаемые значения объема промышленного производства по модели множественной регрессии демонстрируют положительную динамику, достигая к 2032 году значения в 138,8% от уровня 2021 года (или 730,1 млрд руб. в постоянных ценах).

<sup>3</sup> Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/Qw77Aau6IOSEluQqYnvR4tGMCy6rv6Qm.pdf> (дата обращения 21.02.2022).



Рис. 5. Ожидаемая численность занятых в промышленности

Источник: составлено авторами.

Таблица 2. Прогнозные значения показателей, % к уровню 2021 года

Год	Объем промышленного производства,	Инвестиции в основной капитал промышленных производств	Численность занятых в промышленности
	Y	X1	X2
2022	103,4	104,5	92,7
2023	106,3	116,7	90,0
2024	109,4	129,7	87,3
2025	112,6	143,6	84,8
2026	116,0	158,4	82,2
2027	119,5	174,0	79,8
2028	123,1	190,5	77,5
2029	126,8	207,8	75,2
2030	130,6	226,0	72,9
2031	134,6	245,1	70,8
2032	138,8	265,0	68,7

Источник: составлено авторами.

### Заключение

В статье представлены результаты прогнозирования объема промышленного производства. В процессе исследования была построена регрессионная модель на основе классической экономической зависимости между объемом промышленного производства, инвестициями в промышленность и занятостью в этой отрасли. Для оценки взаимовлияния показателей выполнен корреляционный анализ, по результатам которого сделан вывод о весьма тесной связи факторов. По данным протокола регресси-

онного анализа составлено линейное уравнение множественной регрессии, качество которого проверено с помощью критерия Фишера и коэффициента детерминации. Качество линейной модели множественной регрессии проверено с помощью коэффициента детерминации  $R^2$  (Кинякин, Милевская, 2014). Определено, что переменными «Инвестиции в основной капитал промышленных предприятий» и «Численность занятых в промышленности» обусловлено 85,4% вариации индикатора «Объем промышленного производства».

Для определения прогнозных значений объема промышленного производства на основе экстраполяционных методов найдены ожидаемые значения внешних переменных «Инвестиции в основной капитал промышленности» (полиномиальная функция), «Численность занятых в промышленности» (экспоненциальная функция). Прогнозные значения показателя «Объем промышленного производства» были получены путем последовательной подстановки найденных значений в уравнение множественной регрессии.

Таким образом, в результате проведенного исследования были получены прогнозные значения объема промышленного производства, показывающие положительную динамику на протяжении всего наблюдаемого периода.

## ЛИТЕРАТУРА

- Аитова Ю.С., Орешников В.В. (2017). Использование методов экономико-математического моделирования при разработке прогноза развития муниципального образования // Вестник НГИЭИ. № 10 (77). С. 89–99.
- Кашинцев Н.П. (2015). Нейросетевое моделирование регионального развития, как инструмент стратегического управления // Известия вузов. Сер.: Экономика, финансы и управление производством. № 2 (24). С. 141–152.
- Кинякин В.Н., Милевская Ю.С. (2014). Некоторые предостережения по проверке качества модели регрессии с помощью коэффициента детерминации // Вестник Московского ун-та МВД России. № 8. С. 200–204.
- Клименко А.И., Усенко Л.Н., Холодова М.А. (2022). Прогнозирование продовольственной безопасности региона в контексте экономической доступности продуктов питания // Мелиорация и гидротехника. Т. 12. № 1. С. 264–283. URL: <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-264-283>
- Лясковская Е.А. (2022). Экономическая устойчивость организации в цифровой экономике // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер.: Экономика и менеджмент. Т. 16. № 1. С. 87–99. DOI: 10.14529/em220108
- Марченко О.В., Бурдакова Г.И. (2019). Проблемы прогнозирования показателей социально-экономического развития муниципального образования // BENEFICIUM. № 3 (32). С. 52–66.
- Носков С.И. (2022). Построение кусочно-линейной регрессии с интервальной неопределенностью в данных для зависимой переменной // Вестник кибернетики. № 2 (46). С. 61–65. DOI: 10.34822/1999-7604-2022-2-61-65
- Носков С.И., Бычков Ю.А. (2022). Модификация непрерывной формы метода максимальной согласованности при построении линейной регрессии // Известия Тульского гос. ун-та. Технические науки. № 5. С. 88–94.
- Орешников В.В., Аитова Ю.С. (2019). Применение методов экономико-математического моделирования при разработке стратегии развития муниципального образования // Вопросы территориального развития. № 3 (48). С. 1–13.
- Рыбалкина З.М., Тусков А.А. (2018). Тенденции развития промышленности в РФ // Региональная экономика: теория и практика. Т. 16. № 8. С. 1563–1575. URL: <https://doi.org/10.24891/re.16.8.1563>
- Трусова Н.С. (2013). Прогнозирование инвестиционной активности региона // Социально-экономические явления и процессы. № 12 (058). С. 119–124.
- Труфанова Т.В., Нещеменко К.Д. (2019). Способы прогнозирования курса валют на основе моделей экспоненциального сглаживания и Хольта // Вестник АмГУ. № 87. С. 14–17.
- Ускова Т.В. [и др.] (2013). Социально-экономические проблемы локальных территорий: монография. Вологда: ИСЭРТ РАН. 196 с.
- Халява М.А., Ерыгин Ю.В. (2022). Моделирование влияния параметров кредитно-денежной политики на экономику региона // Социально-экономический и гуманитарный журнал Красноярского ГАУ. № 1. С. 59–72.
- Яшин С.Н., Солдатова Ю.С. (2015). Анализ взаимосвязи устойчивости инновационного развития и экономического состояния на предприятиях металлургической отрасли // Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. Сер.: Социальные науки. № 3 (39). С. 35–41.
- Bom P.R.D., Rachinger H. (2019). A kinked meta-regression model for publication bias correction. *Res. Synth. Methods.*, 10 (4), 497–514.
- Growiec J. (2018). Factor-specific technology choice. *Journal of Mathematical Economics*, 77, 1–14.
- Jadhav V., Reddy B.V. Gaddi G.M. (2017). Application of ARIMA model for forecasting agricultural prices. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19 (5), 981–992.
- Liu S., Papageorgiou L.G. (2019). Optimal antibody purification strategies using data-driven models. *Engineering*, 5 (6), 1077–1092.
- Mo X., Li H., Zhang L., Qu Z. (2020). A novel air quality evaluation paradigm based on the fuzzy comprehensive theory. *Appl. Sci.*, 10 (23), 8619.
- Motorin V.A. (2015). Generalization of initial conditions in benchmarking of economic time-series by additive and proportional denton methods. *Iranian Economic Review*, 19 (3), 251–264.
- Tomal J.H., Ciborowski J.J.H. (2020). Ecological models for estimating breakpoints and prediction intervals. *Ecol. Evol.*, 10 (23), 13500–13517.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

Ольга Алексеевна Соколова – программист, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а; e-mail: sokolov.olia@yandex.ru)

Максим Андреевич Сидоров – младший научный сотрудник, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а; e-mail: ma.sidorov@mail.ru)

**Sokolova O.A., Sidorov M.A.**

## **FORECASTING THE DYNAMICS OF INDUSTRIAL PRODUCTION INDICATORS IN THE REGION (CASE STUDY OF THE VOLOGDA OBLAST)**

*The necessity to forecast the industrial production volume is associated with the growing influence and importance of this industry for the development of both individual regions and the country as a whole. The industrial sector occupies a special place among the socio-economic development factors of the region, which is why forecasting the dynamics of its indicators is of particular value. Therefore, the problem of improving the accuracy of the data obtained becomes even more urgent. The analysis of the sources make it possible to conclude that it is advisable to use mixed models combining the strengths of different approaches. In this article, for the greatest reliability of the calculated values, we propose to use the advantages of various methods – regression analysis and extrapolation trends. Based on the correlation analysis, we have indicators determined that have showed a high degree of mutual consistency with the dependent variable. We have carried out regression analysis, based on the results of which a multiple regression model was developed including indicators of the volume of industrial production, investments in fixed assets of industrial production and the number of people employed in industry. The quality of the developed model is evaluated using the Fisher criterion and the determination coefficient. We use polynomial and exponential to calculate the expected values of independent variables. The predicted value of industrial production indicators was obtained by sequentially substituting the values found into the multiple regression equation. Thus, we have determined the methodological and analytical basis for further research continuation in the chosen direction. As the next steps, we will analyze and evaluate the role of the factor of industrial production and other economic sectors in the regions of Russia's Northwest, after which the key stage of the work is to develop an integral indicator of the economic dynamics of the regions, which will serve as a leading operational indicator.*

*Forecasting, regression models, economic modeling, industrial production, industrial employment, Vologda Oblast.*

**REFERENCES**

- Aitova Yu.S., Oreshnikov V.V. (2017) Use of economic-mathematical modeling in compiling the forecast of development of municipality. *Vestnik NGIEI=Bulletin NGIEI*, 10(77), 89–99 (in Russian).
- Bom P.R.D., Rachinger H. (2019). A kinked meta-regression model for publication bias correction. *Res. Synth. Methods*, 10(4), 497–514.
- Growiec J. (2018). Factor-specific technology choice. *Journal of Mathematical Economics*, 77, 1–14.
- Jadhav V., Reddy B.V. Gaddi G.M. (2017). Application of ARIMA model for forecasting agricultural prices. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19(5), 981–992.
- Kashintsev N.P. (2015). Neural network simulation of regional development as a tool of strategic management. *Izvestiya VUZov. Seriya "Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom"=News of Higher Educational Institutions. The Series "Economics, Finance and Production Management"*, 2(24), 141–152 (in Russian).

- Khalyava M.A., Erygin Yu.V. (2022). Modeling policy parameters impact modeling on the regional economy. *Sotsial'no-ekonomicheskii i gumanitarnyi zhurnal Krasnoyarskogo GAU=Socio-Economic and Humanitarian Journal of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 1, 59–72 (in Russian).
- Kinyakin V.N, Milevskaya Yu.S. (2014). Some precautions for quality assessment of regression model by means of determination coefficient. *Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii=Vestnik of Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, 8, 200–204 (in Russian).
- Klimenko A.I., Usenko L.N., Kholodova M.A. (2022). Predicting food security of the region in the context of food affordability. *Melioratsiya i gidrotekhnika=Law Reclamation and Hydraulic Engineering*, 12(1), 264–283. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-264-283 (in Russian).
- Liu S., Papageorgiou L.G. (2019). Optimal antibody purification strategies using data-driven models. *Engineering*, 5(6), 1077–1092.
- Lyaskovskaya E.A. (2022). Economic sustainability of an enterprise in the context of digital economy. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment=Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 16(1), 87–99. DOI: 10.14529/em220108 (in Russian).
- Marchenko O.V., Burdakova G.I. (2019). Problems of forecasting indicators of socio-economic development of the municipality. *BENEFICIUM*, 3(32), 52–66 (in Russian).
- Mo X., Li H., Zhang L., Qu Z. (2020). A novel air quality evaluation paradigm based on the fuzzy comprehensive theory. *Appl. Sci.*, 10(23), 8619.
- Motorin, V.A. (2015). Generalization of initial conditions in benchmarking of economic time-series by additive and proportional denton methods. *Iranian Economic Review*, 19(3), 251–264.
- Noskov S.I. (2022). Constructing a data-driven piecewise linear regression with internal uncertainty for the dependent variable. *Vestnik kibernetiki=Proceedings in Cybernetics*, 2(46), 61–65. DOI 10.34822/1999-7604-2022-2-61-65 (in Russian).
- Noskov S.I., Bychkov Yu.A. (2022). Modification of the continuous form of the maximum consistency method in constructing linear regression. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki=Izvestiya Tula State University*, 5, 88–94 (in Russian).
- Oreshnikov V.V., Aitova Yu.S. (2019). Application of economic and mathematical modeling methods when elaborating a municipality development strategy. *Voprosy territorial'nogo razvitiya=Territorial Development Issues*, 3(48), 1–13 (in Russian).
- Rybalkina Z.M., Tuskov A.A. (2018). Industrial development trends in the Russian Federation. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika=Regional Economy: Theory and Practice*, 16(8), 1563–1575. DOI: 10.24891/re.16.8.1563 (in Russian).
- Tomal J.H., Ciborowski J.J.H. (2020). Ecological models for estimating breakpoints and prediction intervals. *Ecol Evol*, 10(23), 13500–13517.
- Trufanova T.V., Neshchemenko K.D. (2019). Methods of forecasting the exchange rate based on exponential smoothing and Holt models. *Vestnik AmGU*, 87, 14–17 (in Russian).
- Trusova N.S. (2013). Forecasting the investment activity of the region. *Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy=Social-Economic Phenomena and Processes*, 12(058), 119–124 (in Russian).
- Uskova T.V. et al. (2013). *Sotsial'no-ekonomicheskie problemy lokal'nykh territorii: monografiya* [Socio-Economic Problems of Local Territories: Monograph.]. Vologda: ISERT RAN.
- Yashin S.N., Soldatova Yu.S. (2015). Analysis of the relationship between stability of innovative development and economic condition of the metallurgical industry enterprises. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial'nye nauki=Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Series: Social Sciences*, 3(39), 35–41 (in Russian).

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olga A. Sokolova – programmer, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (56A, Gorky Street, Vologda, 160014, Russian Federation; e-mail: sokolov.olia@yandex.ru)

Maksim A. Sidorov – Junior Researcher, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (56A, Gorky Street, Vologda, 160014, Russian Federation; e-mail: ma.sidorov@mail.ru)