

УДК 338.2

ББК 65.04

DOI: 10.25683/VOLBI.2020.50.181

Krupko Anatoly Emanuilovich,
Candidate of Geography, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Socio-Economic
Geography and Regional Studies,
Voronezh State University,
Russian Federation, Voronezh,
e-mail: glomer-a@mail.ru

Fetisov Yuri Mikhailovich,
Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Recreational Geography,
Country Studies and Tourism,
Voronezh State University,
Russian Federation, Voronezh,
e-mail: fetisov_y@inbox.ru

Rogozina Rimma Evgenievna,
Candidate of Geography, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Geoecology
and Environmental Monitoring,
Voronezh State University,
Russian Federation, Voronezh,
e-mail: rrogozina@bk.ru

Крупко Анатолий Эмануилович,
канд. геогр. наук, доцент,
доцент кафедры социально-экономической географии
и регионоведения,
Воронежский государственный университет,
Российская Федерация, г. Воронеж,
e-mail: glomer-a@mail.ru

Фетисов Юрий Михайлович,
канд. физ.-мат. наук, доцент,
доцент кафедры рекреационной географии,
страноведения и туризма,
Воронежский государственный университет,
Российская Федерация, г. Воронеж,
e-mail: fetisov_y@inbox.ru

Рогозина Римма Евгеньевна,
канд. геогр. наук, доцент,
доцент кафедры геоэкологии и мониторинга
окружающей среды,
Воронежский государственный университет,
Российская Федерация, г. Воронеж,
e-mail: rrogozina@bk.ru

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА В УСЛОВИЯХ ПОЛИТИЧЕСКОЙ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

PROBLEMS OF FORECASTING OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE CENTRAL-BLACK-EARTH DISTRICT UNDER THE CONDITIONS OF POLITICAL AND SOCIO-ECONOMIC INSTABILITY

08.00.05 — Экономика и управление народным хозяйством

08.00.05 — Economics and National Economy

В настоящее время социально-экономическое развитие регионов страны из-за внешних угроз характеризуется значительной нестабильностью, что заметно усложняет возможности его математического моделирования и прогнозирования. Для разработки прогнозов развития регионов применяется множество методов экономико-математического моделирования, каждый из которых имеет недостатки, которые ограничивают их применение. Поэтому в данной статье использован комплексный подход к прогнозированию социально-экономического развития Центрально-Черноземного района (ЦЧР) на основе и длинных, и коротких временных рядов, что позволяет в условиях нестабильности сделать качественные оценки прогнозных моделей разного типа. В моделях, построенных на основании длинных рядов, главную роль играет динамика показателей. Экстраполяции на основе длинного ряда дают возможность адекватно оценить тренды развития, но в целом малоприменимы для прогнозирования в условиях изменения социально-экономической обстановки. Модели роста промышленного и сельскохозяйственного производства, регионального продукта более точны, но достаточной адекватности процессам социально-экономического развития именно за последние годы они тоже не показывают. В моделях на основе коротких рядов оценивается характер структурного взаимодействия экономических показателей, который можно описать через косвенные

темпы приростов. Особого внимания заслуживают модели с регулируемыми темпами приростов, результаты прогнозов по которым оказались наиболее ожидаемы. Именно эти модели, при соответствующей экспертной оценке будущих темпов роста экономики, в наибольшей степени могут использоваться как прикладные.

На основе нашего исследования можно сделать вывод, что модели на основе кратковременных рядов вполне адекватны и могут использоваться в прогнозах социально-экономического развития регионов и муниципальных образований. Наиболее перспективными, по нашему мнению, являются модели с регулируемыми темпами роста, на основе которых можно построить адаптивный матричный предиктор с настраиваемым параметром. Выполненное исследование характеризуется широким охватом проблем прогнозирования развития ЦЧР, что позволяет ему быть полезным для специалистов органов муниципального и регионального управления.

Currently, the socio-economic development of the country's regions due to the external threats is characterized by significant instability, which greatly complicates the possibilities of their mathematical modeling and forecasting. To predict the development of regions, a lot of methods of economic and mathematical modeling have been developed, each of which has drawbacks that limit their application. Therefore, in this article we used an integrated approach to forecasting the socio-economic development

of the Central Development Bank on the basis of both long and short time series, which makes it possible to make qualitative estimates of various types of forecast models under conditions of instability. In models built on the basis of long series, the main role is played by the dynamics of indicators. Extrapolations based on a long series provide an opportunity to adequately assess overall development trends, but are generally unsuitable for forecasting in a changing socio-economic situation. The growth models of industrial and agricultural production, regional product are more accurate, but they also do not show sufficient adequacy to the processes of socio-economic development in recent years. In models based on short series, the nature of the structural interaction of economic indicators is assessed, which can be described through the indirect growth rates. Particularly noteworthy are the models with adjustable growth rates, the forecast results for which turned out to be the most expected. It is these models, with a corresponding expert assessment of future economic growth rates that can be used to the greatest extent as applied ones.

Based on our research, we can conclude that models based on short-term series are quite adequate and can be used in forecasts of socio-economic development of regions and municipalities. The most promising, in our opinion, are models with regulated growth rates, on the basis of which it is possible to build an adaptive matrix predictor with a custom parameter. The study is characterized by a wide coverage of the problems of forecasting the development of the Central Development District, which allows it to be useful for specialists from municipal and regional government bodies.

Ключевые слова: модель, матрица, предиктор, темп прироста, Центрально-Черноземный район, экстраполяция, социально-экономическое развитие, сельское хозяйство, промышленность, валовой региональный продукт.

Keywords: model, matrix, predictor, growth rate, central black-earth region, extrapolation, socio-economic development, agriculture, industry, gross regional product.

Введение

Актуальность темы. В настоящее время социально-экономическое развитие регионов страны из-за внешних угроз и внутреннего дисбаланса характеризуется значительной

нестабильностью, что значительно усложняет возможности его математического моделирования и прогнозирования. Регион является многоуровневой динамичной большой и сложной системой с многофакторной и многоцелевой направленностью развития, которая требует соответствующего математического анализа. Моделирование и прогнозирование должно учитывать особенности социально-экономического развития (рис. 1).

Наиболее важно точно оценивать факторы социально-экономического развития, что позволяет создавать модели, в которых реализуются действующие закономерности. Экономический механизм с одинаковыми показателями динамики может кардинально отличаться по территориям: рост в 3 % объема производства для одного региона будет всплеском развития (вершиной волны), после которого пойдет затухание, для другого 3 % — только начало подъема. Поэтому знание факторов позволяет дать адекватную экспертную оценку процессам развития.

Надо отметить, что нестабильность социально-экономического развития не дает полной возможности использовать долговременные закономерности в виде тренда. Так, в последние годы рост объемов промышленности, сельского хозяйства и, в меньшей степени, регионального продукта ЦЧР не имеет четкой математической закономерности в виде линейной или экспоненциальной зависимости. Внутри временных рядов существуют большие различия в динамике процессов. Поэтому существующая неоднородность даже средних, не говоря о длинных, рядов показателей не позволяет корректно использовать статистические методы для прогнозных моделей многомерных процессов. Так, построенная нами многомерная модель для прогноза развития ВРП, промышленности и сельского хозяйства ЦЧР не обладает должной адекватностью [2]. Даже прогнозные модели одномерных процессов (отдельно ВРП, промышленности и сельского хозяйства ЦЧР) для длинных рядов характеризуются недостаточной адекватностью. В связи с этим, по нашему мнению, статистические модели далеко не всегда можно использовать в условиях нестабильности социально-экономического развития, а необходимость адекватного моделирования и прогнозирования именно в эти годы значительно возрастает.

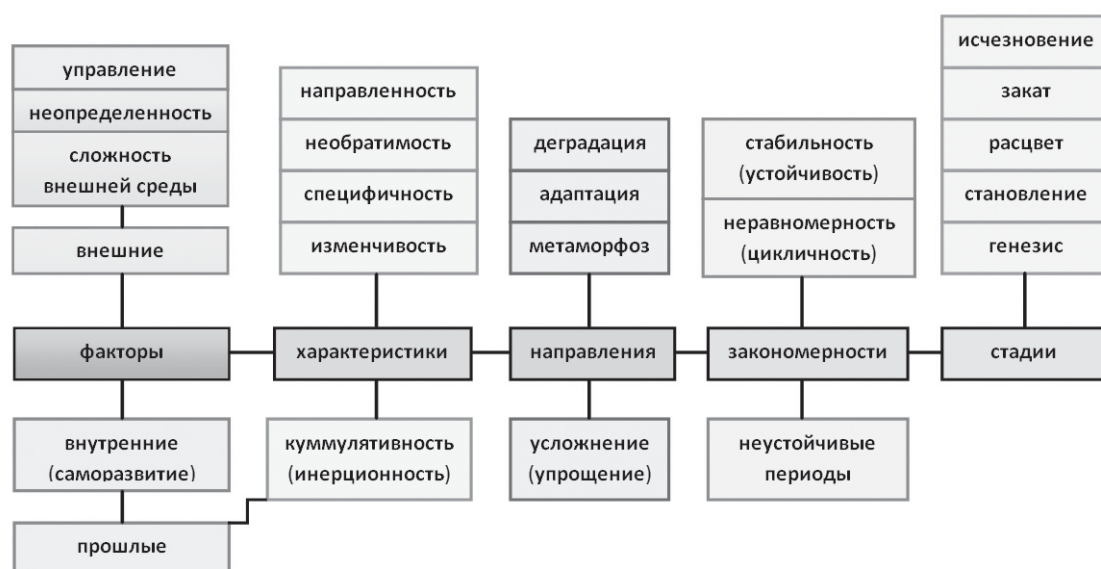


Рис. 1. Структурная модель развития социально-экономической системы [1]

Важным преимуществом моделей на основе короткого ряда является актуальность их использования и в стабильные для развития экономики годы, так как не всегда имеется возможность получить длинный ряд показателей. Эти модели можно построить и на основе самого короткого ряда (двух лет).

Целесообразность разработки темы. В настоящее время разработано множество (сотни) методов экономико-математического моделирования для анализа и прогнозирования состояния социально-экономических образований, в том числе многоуровневых пространственных систем. Одной из проблем в данном направлении исследований является поиск моделей, адекватных социально-экономической действительности. Модели в той или иной степени имеют недостатки, которые ограничивают их применение. Короткие временные ряды позволяют в условиях нестабильного развития построить относительно точные модели, отражающие характер временного ряда, но малоприменимы для построения достоверных статистических моделей. Однако, несмотря на то, что кратковременность связей не обеспечивает получение надежных результатов моделирования, для крупного региона (как ЦЧР) связи, даже на основе коротких рядов, являются относительно устойчивыми (вариация показателей социально-экономического развития ЦЧР в целом слабее, чем в любой области района).

Кроме количественных показателей развития, для прогнозирования региона можно использовать основное системное качество — взаимосвязи. Связи между основными факторами развития региона существуют всегда, что позволяет учесть реальное взаимодействие этих процессов в многомерной динамике социально-экономических систем [3—8]. Для региональных социально-экономических систем характерно взаимодействие между их компонентами, так как, бесспорно, существует влияние одних отраслей на другие, а структура региона обладает определенной устойчивостью, и на протяжении некоторого периода времени структура косвенных темпов приростов прогнозируемых показателей может оставаться почти неизменной [3, 9, 10].

В моделях, построенных на основании длинных рядов, главную роль играет динамика показателей. В моделях на основе коротких рядов выдвигается гипотеза о характере структурного взаимодействия экономических показателей, которое можно описывать косвенными темпами приростов, поэтому будем рассматривать в качестве измерителя взаимосвязи именно косвенный темп прироста (прироста каждого из рассматриваемых показателей ко всем остальным). Большое значение мы придаем использованию матричного моделирования. Матричные структуры в обществе воспроизводятся как системы последовательного и параллельного существования и развития. Матрица «пространство — время» позволяет в одном контексте рассматривать синхронные и диахронные явления и процессы, формирующиеся в обществе [11].

Научная новизна: впервые использован комплексный подход к разработке математических моделей разного типа для прогнозирования социально-экономического развития Центрально-Черноземного экономического района в условиях политической и социально-экономической нестабильности, что позволило выявить наиболее перспективные модели.

Цель и задачи исследования. Целью нашей работы является прогнозирование многомерного развития ЦЧР в условиях нестабильности, для чего нами были поставлены и решены следующие задачи: созданы модели на основе длинных и коротких рядов, разного типа, чтобы снизить

эффект от недостатков и использовать их преимущества, а также проведен анализ и сделана оценка их точности.

Рабочая гипотеза исследования. Ключевой характеристикой многомерного социально-экономического развития ЦЧР служит взаимосвязь между отраслями, что, соответственно, должно быть использовано и в самой прогнозной модели процессов развития. Если для статистических моделей характер модели определяет характер динамики показателей, то в случае моделей коротких рядов используется гипотеза о стабильности и характере взаимодействия косвенных темпов приростов, которые представляют собой отношения приростов каждого из рассматриваемых показателей ко всем остальным. Ключевая идея этой гипотезы в том, что структура косвенных темпов приростов взаимосвязанных показателей может оставаться постоянной.

Практическая значимость работы. Работа характеризуется широким охватом проблем прогнозирования развития региональной общественной системы ЦЧР и различных аспектов их прогнозирования, что позволяет работе быть полезной широкому кругу специалистов в разных сферах общества. Для специалистов органов муниципального и регионального управления, преподавателей, магистров, аспирантов, для научных работников.

Основная часть

Базовой моделью на основе коротких рядов является детерминированный матричный предиктор, который можно построить на основе минимального ряда (два наблюдения). Основными показателями для построения модели являются косвенные темпы прироста:

$$v_{ij} = \frac{\Delta x_{ji}}{x_{ij}} \tag{1}$$

При сбалансированном развитии все показатели оказывают равномерное воздействие на формирование прироста, поэтому, разделив v_{ij} на $(n - 1)$, мы получим ту долю в приросте i -го показателя, которая сформирована под воздействием j -го. Использование введенной меры степени влияния j -го показателя на i -й позволяет выразить прирост Δx_{ii} через сумму произведений:

$$\Delta x_{ii} = \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} v_{ij} x_{ij} \tag{2}$$

Так как $\Delta x_{ii} = x_{ii} - x_{i-1i}$, то величину i -го показателя можно представить в виде суммы предшествующего значения x_{i-1i} и прироста Δx_{ii}

$$x_{ii} = x_{i-1i} + \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} v_{ij} x_{ij}, \quad i = \overline{1, n} \tag{3}$$

Составим системы уравнений (4), введя обозначения для компактности:

$$x_t = \begin{pmatrix} x_{t1} \\ x_{t2} \\ \vdots \\ x_{tn} \end{pmatrix}, \quad V = \frac{1}{n-1} \begin{pmatrix} 0 & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & 0 & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ v_{n1} & v_{n2} & \dots & 0 \end{pmatrix}, \tag{4}$$

Получим следующую матрицу:

$$x_t = x_{t-1} + Vx_t \tag{5}$$

Неизвестным показателем является x_t :

$$x_t = (I - V)^{-1} x_{t-1} \tag{6}$$

где через I обозначена единичная матрица.

Обратную матрицу $(I - V)^{-1}$ будем называть матричным мультипликатором. Этот мультипликатор определяет переход из состояния, описываемого вектором значений предшествующего момента времени, в состояние, представленное вектором значений текущего момента времени [8, 10]. Внедиагональные элементы обратной матрицы интерпретируются как косвенные темпы роста равномерно распределенных частей прогнозируемых показателей, а диагональные — как прямые темпы роста оставшейся части [3—6].

Рассмотренная модель является в основном теоретической (основой для других моделей), возможности ее практического использования ограничены.

Таблица 1

Основные общеэкономические показатели ЦЧР, млн руб. (составлено по [12—14])

Годы	ВРП	Обрабатывающие производства	Сельское хозяйство
2012	1854 329	1230271	458883
2013	2004291	1253816	515499
2014	2319753	1452715	620965
2015	2602556	1774745	773905
2016	2718212	1897016	792390

Построение модели на основе табл. 1 начинается с расчета приростов:

$$\Delta x_2 = \begin{pmatrix} 149962 \\ 23545 \\ 56616 \end{pmatrix},$$

которые используются для формирования матрицы косвенных темпов прироста:

$$V_{12} = \frac{\Delta x_{21}}{x_{22}} = 0,1196, \quad V_{13} = \frac{\Delta x_{21}}{x_{23}} = 0,291, \quad V_{21} = \frac{\Delta x_{22}}{x_{21}} = 0,0118,$$

$$V_{23} = \frac{\Delta x_{22}}{x_{23}} = 0,0456, \quad V_{31} = \frac{\Delta x_{23}}{x_{21}} = 0,0282, \quad V_{32} = \frac{\Delta x_{23}}{x_{22}} = 0,0452.$$

$$V_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0,0598 & 0,1455 \\ 0,0059 & 0 & 0,0228 \\ 0,0141 & 0,0226 & 0 \end{pmatrix}.$$

На основе этой матрицы вычисляется предиктор. Прежде всего вычислим матрицу:

$$I - V_2 = \begin{pmatrix} 1 & -0,0598 & -0,1455 \\ -0,0059 & 1 & -0,0228 \\ -0,0141 & -0,0226 & 1 \end{pmatrix}.$$

Так как главный определитель

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & -0,0598 & -0,1455 \\ -0,0059 & 1 & -0,0228 \\ -0,0141 & -0,0226 & 1 \end{vmatrix} =$$

$$= 1 - 0,0059 \cdot 0,0226 \cdot 0,1455 -$$

$$- 0,0598 \cdot 0,0228 \cdot 0,0141 - 0,0141 \cdot 0,1455 -$$

$$- 0,0226 \cdot 0,0228 - 0,0059 \cdot 0,0598 = 0,997 \neq 0,$$

то $I - V_2$ имеет обратную матрицу. Для нахождения обратной матрицы вычислим алгебраические дополнения ко всем элементам матрицы:

$$I - V_2 = \begin{pmatrix} 1 & -0,0598 & -0,1455 \\ -0,0059 & 1 & -0,0228 \\ -0,0141 & -0,0226 & 1 \end{pmatrix}.$$

$$A_{11} = \begin{vmatrix} 1 & -0,0228 \\ -0,0226 & 1 \end{vmatrix} = 0,9995, \dots \text{ до } A_{33} = \begin{vmatrix} 1 & -0,0598 \\ -0,0059 & 1 \end{vmatrix} = 0,9997.$$

Таким образом, мы нашли обратную матрицу:

$$A_2 = (I - V)^{-1} = 1/0,997 V_2 = \begin{pmatrix} 0,9995 & 0,0631 & 0,1469 \\ 0,0062 & 0,9980 & 0,236 \\ 0,014 & 0,023 & 0,9997 \end{pmatrix},$$

с помощью которой рассчитываются постпрогнозные оценки:

$$\hat{x}_3 = A_2 x_2 = 1/0,997 * \begin{pmatrix} 2158131 \\ 1385393 \\ 573144,6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2164625 \\ 1389562 \\ 574869,2 \end{pmatrix}$$

$$и \hat{x}_4 = A_2 x_3 = 1/0,997 * \begin{pmatrix} 2501479,20 \\ 1610739,78 \\ 687712,7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2509006,02 \\ 16255615,85 \\ 689782 \end{pmatrix}.$$

Проведенные расчеты показывают этапы расчета матричного предиктора базовой модели.

В тех случаях, когда данные, которые используются для построения модели, принимают только положительные значения, можно использовать нелинейный вариант матричного предиктора [3,5-7,10]. Показатели для расчетов этого предиктора предварительно логарифмируются, и проводится моделирование по предыдущему типу, но только в логарифмах, а окончательный результат получается путем их потенцирования.

Прологарифмировав две первые строки табл. 2, раскроем прикладные возможности нелинейной модели.

Таблица 2

Логарифмы показателей развития ЦЧР за 2012—2013 гг.

Годы	ВРП	Обрабатывающие производства	Сельское хозяйство
2012	14,4330	14,02275	13,0366
2013	14,5108	14,0417	13,1529

Построение модели начинается с расчета приростов логарифмов:

$$\Delta_{\ln} x_2 = \begin{pmatrix} 0,0778 \\ 0,0190 \\ 0,1163 \end{pmatrix},$$

которые используются для формирования матрицы косвенных темпов прироста логарифмов.

$$V_{\ln 2} = \begin{pmatrix} 0 & 0,0028 & 0,0030 \\ 0,0007 & 0 & 0,0007 \\ 0,0040 & 0,0041 & 0 \end{pmatrix}.$$

На основе этой матрицы вычисляется предиктор:

$$A_{ln2} = (I - V_{ln2})^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0,0028 & 0,0030 \\ 0,0007 & 1 & 0,0007 \\ 0,0040 & 0,0041 & 1 \end{pmatrix},$$

с помощью которого рассчитываются логарифмы прогнозных оценок

$$\ln \hat{x}_3 = A_{ln2} \ln x_2 = \begin{pmatrix} 14,5896 \\ 14,0611 \\ 13,2685 \end{pmatrix} \text{ и } \ln \hat{x}_4 = A_{ln2} \ln x_3 = \begin{pmatrix} 14,7367 \\ 14,2085 \\ 13,4558 \end{pmatrix},$$

а окончательный результат получается путем их потенцирования.

В случае, когда темпы роста и, соответственно, косвенные темпы прироста меняются, необходимо вносить коррективы в расчет темпов роста при построении нелинейной модели. Тогда можно будет построить матричный предиктор с регулируемым темпом роста ρ :

$$x_{it} = x_{it-1} \cdot \left(\frac{x_{it}}{x_{it-1}} \right)^\rho, \quad i = \overline{1, m} \quad [5-7, 10] \quad (7)$$

или в логарифмах:

$$\ln x_{it} = \ln x_{it-1} + \rho(\ln x_{it} - \ln x_{it-1}), \quad i = \overline{1, m} \quad (8)$$

В тех случаях, когда темп роста (индекс) больше единицы и наблюдается тенденция его снижения, параметр ρ должен быть меньше единицы. Если наблюдается тенденция увеличения темпа роста, то $\rho > 1$. Мы использовали два показателя параметра ρ .

$$\rho_1 = 0,8, \rho_2 = 1,2 \quad [10].$$

Построение модели начинается с расчета приростов логарифмов, умноженных на параметр $\rho = 0,8$:

$$\rho \cdot \Delta_{ln} x_2 = \begin{pmatrix} 0,0622 \\ 0,0152 \\ 0,0930 \end{pmatrix},$$

которые используются для формирования матрицы косвенных темпов прироста логарифмов:

$$V_{ln2}^\rho = \begin{pmatrix} 0 & 0,0022 & 0,0024 \\ 0,0005 & 0 & 0,0006 \\ 0,0032 & 0,0033 & 0 \end{pmatrix}.$$

На основе этой матрицы вычисляется предиктор:

$$\ln^\rho \hat{x}_3 = A_{ln2}^\rho \ln x_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0,0022 & 0,0024 \\ 0,0005 & 1 & 0,0006 \\ 0,0032 & 0,0033 & 1 \end{pmatrix},$$

с помощью которого рассчитываются логарифмы прогнозных оценок

$$\ln^\rho \hat{x}_3 = A_{ln2}^\rho \ln x_2 = \begin{pmatrix} 14,5733 \\ 14,0569 \\ 13,2457 \end{pmatrix} \text{ и } \ln^\rho \hat{x}_4 = A_{ln2}^\rho \ln x_3 = \begin{pmatrix} 14,7202 \\ 14,2043 \\ 13,4328 \end{pmatrix},$$

а окончательный результат получается путем их потенцирования:

$$\hat{x}_3 = \begin{pmatrix} 2133544,658 \\ 1273016,705 \\ 565632,583 \end{pmatrix} \text{ и } \hat{x}_4 = \begin{pmatrix} 2471164 \\ 1475194 \\ 682010,3 \end{pmatrix}.$$

Аналогично для базового матричного предиктора при $\rho = 1,2$ получим:

$$\hat{x}_3 = \begin{pmatrix} 2417392,408 \\ 1310474,705 \\ 681873,885 \end{pmatrix} \text{ и } \hat{x}_4 = \begin{pmatrix} 2804399,522 \\ 1519208,449 \\ 823731,577 \end{pmatrix}.$$

Для сравнения полученных моделей рассчитаем прогнозы развития промышленности, сельского хозяйства и ВРП ЦЧР в 2015 г. на основе данных 2005—2014 гг. Так как эти ряды были достаточно неоднородными, мы использовали разные методы: среднего абсолютного или прямого прироста, среднего темпа роста и модель роста [2].

Для расчета среднего абсолютного прироста ($\bar{\nabla}$) по каждому показателю (сельское хозяйство, промышленность и ВРП) из показателя 2014 г. вычтем показатель 2005 г. и разделим на 9: $\bar{\nabla} = (y_{15} - y_{05}) / n - 1$.

Для сельского хозяйства ЦЧР $\bar{\nabla}_{сх} = 55$ млрд руб.

Для промышленности ЦЧР $\bar{\nabla}_{пром} = 115$ млрд руб.

Для ВРП ЦЧР $\bar{\nabla}_{ВРП} = 194$ млрд руб.

Прогнозирование по среднему темпу роста:

$$\bar{K}_{роста} = n^{-1} \sqrt[n]{\frac{y_n}{y_1}} \quad [15].$$

Для промышленности ЦЧР $\bar{K}_{пром} = \sqrt[9]{\frac{1453}{418}} = 1,148$.

Для сельского хозяйства ЦЧР $\bar{K}_{сх} = 1,195$.

Для ВРП $\bar{K}_{ВРП} = 1,168$.

По данным табл. 3 рассчитаем параметры модели роста.

Получим систему уравнений:

$$\begin{cases} 10 a_0 + 55 a_1 = 13649 \\ 55 a_0 + 385 a_1 = 90719 \end{cases}$$

Умножим первое уравнение на 5,5, затем вычтем его из второго, получим:

$$82,5 a_1 = 15649,5$$

Отсюда $a_1 = 189,7$ $a_0 = 321,6$.

Так как, $y_t = a_0 + a_1 t$, то составим модель роста для ВРП:

$$y_{it} = 321,6 + 189,7t,$$

для промышленности аналогично: $y_{2t} = 299,8 + 111,8t$,

для сельского хозяйства ЦЧР $y_{3t} = 37,33 + 52,94t$.

Подставляя в модель значения времени (t), получим $y_{it} = 511,3$, для $y_{0t} = 2218,6$ (см. табл. 4).

Результаты работы

Результаты всех видов прогнозирования показаны в табл. 4.

Таблица 3

Расчет параметров уравнения модели роста для ВРП

Годы	y_1	y_2	y_3	t	t^2	$t y_1$	\hat{y}_{1t}	\hat{y}_{2t}	\hat{y}_{3t}
2005	574	418	125	1	1	574	511,3	411,6	90,3
2006	708	516	145	2	4	1416	701	523,4	143,2
2007	904	652	200	3	9	2712	890,7	635,2	196,2
2008	1153	842	264	4	16	4612	1080,4	747	249,1
2009	1128	720	281	5	25	5640	1270,1	858,8	302,0
2010	1331	932	283	6	36	7986	1459,8	970,6	355,0
2011	1673	1129	392	7	49	11711	1649,5	1082,4	407,9
2012	1854	1230	459	8	64	14832	1839,2	1194,2	460,9
2013	2004	1254	515	9	81	18036	2028,9	1306	513,8
2014	2320	1453	621	10	100	23200	2218,6	1417,8	566,7
Всего	13649	9146	3285	55	385	90719	13649	9147	3285

Таблица 4

Результаты постпрогнозных расчетов на основе коротких рядов по базовому предиктору с его модификациями и экстраполяции на основе длинных временных рядов

Наименование показателя	Показатели развития ЦЧР в 2015 г.		
	ВРП	Обрабатывающие производства	Продукция сельского хозяйства
Фактическое значение, млн руб.	2602556	1774745	773905
<i>Детерминированный матричный предиктор</i>			
Постпрогнозная оценка, млн руб.	2509006	1625615,85	689782
Ошибка, %	-3,60	-8,40	-10,87
Прогноз на 2019 г.	32758885	2283516	825571
<i>Нелинейный вариант детерминированного матричного предиктора</i>			
Постпрогнозная оценка, млн руб.	2512277	1481403	697878,3
Ошибка, %	-3,47	-16,53	-9,82
Прогноз на 2019 г.	3281463	2290086	825546
<i>Матричный предиктор с регулируемым темпом роста, $\rho = 0,8$</i>			
Постпрогнозная оценка, млн руб.	2471164	1475194	682010,3
Ошибка, %	-5,05	-16,88	-11,3
Прогноз на 2019 г.	3244591	2263901	825546
<i>Матричный предиктор с регулируемым темпом роста, $\rho = 1,2$</i>			
Постпрогнозная оценка, млн руб.	2804399,5	1519208,449	823731,577
Ошибка, %	7,76	14,4	6,44
<i>По абсолютному приросту (длинный ряд)</i>			
Постпрогнозная оценка, млн руб.	2513753	1567715	695965
Ошибка, %	-3,41	-11,67	-10,07
Прогноз на 2019 г.	3330000	2293000	903000
<i>По коэффициенту роста (длинный ряд)</i>			
Постпрогнозная оценка, млн руб.	2709471	1667717	742053
Ошибка, %	4,11	-6,03	-4,12
Прогноз на 2019 г.	3600830	2475261	1016998
<i>По модели роста (длинный ряд)</i>			
Постпрогнозная оценка, млн руб.	2509453	1564515	673905
Ошибка, %	-3,38	-11,85	-12,92
Прогноз на 2019 г.	3396300	2304500	999800

Сравним результаты прогнозирования по базовой модели и ее модификациям. Особого внимания заслуживает модель с регулируемым темпом роста, результаты прогнозов по которой оказались наиболее диаметрально. Именно это показывает важность экспертной оценки будущих темпов роста экономики. Если бы регулируемый темп роста был равен 0,95, то эта модель была бы практически точной. Несмотря на то, что экстраполяция за 2005—2015 гг. была более точной (по сравнению с предикторными моделями) для прогноза 2015 г., она менее точно отражает зави-

симось. Прогнозы на конец периода, как правило, заметно точнее, чем в середине ряда, где погрешность может превышать и 20 %. В целом средняя погрешность составляет для сельского хозяйства 10,03 %, для промышленности — 5,66 % и, соответственно, для ВРП — 3,88 %.

Заключение

Методы длинного ряда дают возможность адекватно оценить в целом тренды развития, но мало пригодны для прогнозирования в условиях изменения социально-экономической

обстановки. Поэтому максимальные ошибки наблюдаются или в кризис, или в наиболее благоприятные годы, а совпадают показатели для средних по темпам развития периодам времени. Главной проблемой является то, что в случае простой экстраполяции эти методы не учитывают всю тенденцию развития, а только ее начальные и конечные точки. Модели роста более точны, но достаточной адекватности процессов социально-экономического развития именно за последние годы они тоже не показывают.

На основе нашего исследования можно сделать вывод, что модели на основе кратковременных рядов вполне адекватны и вполне могут использоваться в прогнозах социально-экономического развития регионов и муниципальных образований.

Как мы отмечали, модели на основе короткого ряда можно использовать и для прогнозирования социально-экономического развития в стабильные для развития экономики годы. Так, сделанный нами прогноз на 2019 г. объема ВРП, продукции промышленности и сельского хозяйства на основе матричных моделей, разработанных по показателям 2016—2017 гг., оказался близок к прогнозам на основе статистического моделирования за 2010—2017 гг.

Матричный предиктор с регулируемым темпом роста ($\rho = 1,2$) для прогноза мы не использовали (он дает завышенную оценку). Единственным исключением является низкая прогнозная оценка объема сельского хозяйства, так как в эти годы показатели объема сельскохозяйственной продукции в ЦЧР практически одинаковы (764960 млн руб. в 2016 г. и 764962 млн руб. в 2017 г.).

Наиболее перспективными, по нашему мнению, являются модели с регулируемыми темпами роста, на основе которых можно построить адаптивный матричный предиктор с настраиваемым параметром в процессе построения модели. Прогнозная ошибка определяется на основе фактических данных. По этим ошибкам строится корректирующая матрица, аналогичная описанным. Чтобы получить многомерный адаптивный предиктор как комбинацию текущего и скорректированного предикторов, необходимо применение скорректированного предиктора (возможно, неоднократно), после чего вводится настраиваемый параметр. Также для прогнозирования развития региона в условиях социально-экономической и политической нестабильности можно использовать имитационное моделирование разного ранга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крупко А. Э. Моделирование и прогнозирование устойчивого развития муниципальных образований ЦЧР. Воронеж : ВГПУ, 2014. 176 с.
2. Фетисов Ю. М., Куролап С. А., Нестеров Ю. А. Методические основы применения компьютерных технологий в высшем профессиональном эколого-географическом образовании // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 205—209.
3. Давнис В. В. Адаптивное прогнозирование: модели и методы. Воронеж : ВГУ, 1997. 196 с.
4. Давнис В. В., Тинякова В. И., Зеленцова С. Ю. Прогнозирование социально-экономического развития региона: концепция и методы // Проблемы реформирования экономики России : сб. статей Всерос. науч.-практич. конф. 17 апр. 2003 г. Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2003. С. 246—255.
5. Давнис В. В., Зеленцова С. Ю. Применение матричного предиктора в задачах имитационного моделирования показателей экономического развития региона // Теоретические основы и опыт стратегического планирования развития территорий : материалы Междунар. науч.-практич. конф. 27 мая 2005 г. / под ред. И. Е. Рисина, Ю. И. Трещевского. Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2005. С. 193—197.
6. Борейко В. С., Зеленцова С. Ю., Кирьянчук В. Е. Анализ и прогнозирование социально-экономического развития региона // Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы Международной науч.-практич. конф. 29—30 апреля 2005 г.: в 2 ч. / под ред. В. В. Давниса. Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2005. Ч. 1. С. 128—137.
7. Зеленцова С. Ю., Тинякова В. И. Ключевые идеи построения многомерных предикторов социально-экономического развития региона // Новые технологии в управлении, бизнесе и праве : материалы V Международной науч.-практ. конф., 29 октября 2005 г. Невинномысск : ИУБиП, 2005. С. 96—101.
8. Зеленцова С. Ю., Кирьянчук В. Е., Крупко А. Э. Многомерное адаптивно-имитационное моделирование в системе прогнозирования социально-экономического развития региона // Вестник Воронежского госуниверситета. Сер. Экономика и управление. 2006. № 1. С. 148—154.
9. Крупко А. Э., Зеленцова С. Ю. Математическое моделирование развития региона : учеб. пособие для вузов. Воронеж : Воронежский гос. ун-т, 2007. 174 с.
10. Крупко А. Э., Фетисов Ю. М. Математическое моделирование развития регионов и муниципальных образований ЦЧР. Воронеж : ВГПУ, 2019. 124 с.
11. Гомология и гомотопия географических систем / А. К. Черкашин, Е. А. Истомина, И. Н. Владимиров, А. В. Мядзлец, С. И. Мясникова, С. В. Солодянкина, И. Е. Трофимова, А. А. Фролов. Новосибирск : Гео, 2009. 351 с.
12. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2008 : стат. сб. / Росстат. М., 2008. 999 с.
13. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2011 : стат. сб. / Росстат. М., 2011. 990 с.
14. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018 : стат. сб. / Росстат. М., 2018. 1162 с.
15. Теория статистики / В. Г. Минашкин, Р. А. Шмойлова, Н. А. Садовникова, Е. Б. Шувалова. М. : Финансы и статистика, 2014. 656 с.

REFERENCES

1. Krupko A. E. *Modeling and forecasting of sustainable development of municipalities of the Central Black-Earth Region*. Voronezh, Voronezh State Pedagogical University, 2014. 176 p. (In Russ.).

2. Fetisov Yu. M., Kurolap S. A., Nesterov Yu. A. Methodological foundations of the use of computer technology in higher professional environmental and geographical education. *Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 2013, no. 1, pp. 205—209. (In Russ.).
3. Davnis V. V. *Adaptive forecasting: models and methods*. Voronezh State University, 1997. 196 p. (In Russ.).
4. Davnis V. V., Tinyakova V. I., Zelentsova S. Yu. Prediction of the socio-economic development of the region: concept and methods. *Problems of the re-formation of the Russian economy*. Collection of articles of the All-Russia sci.-pract. conf., Apr. 17, 2003. Voronezh, Voronezh State University, 2003. Pp. 246—255. (In Russ.).
5. Davnis V. V., Zelentsova S. Yu. The use of matrix predictor in the tasks of simulation modeling of indicators of economic development of the region. In: Risin I. E., Treschevsky Yu. I. (eds.). *Theoretical foundations and experience of strategic planning for the development of territories*. Materials of the Int. sci.-pract. conf, May 27, 2005. Voronezh, Voronezh State University, 2005. Pp. 193—197. (In Russ.).
6. Boreyko V. S., Zelentsova S. Yu., Kiryanchuk V. E. Analysis and forecasting of socio-economic development of the region. In: Davnis V. V. (ed.). *Economic forecasting: models and methods*. Materials of the Int. sci.-pract. conf., Apr. 29—30, 2005. In 2 parts. Voronezh, Voronezh State University, 2005. Part 1. Pp. 128—137. (In Russ.).
7. Zelentsova S. Yu., Tinyakova V. I. Key ideas for building multidimensional predictors of the socio-economic development of the region. *New technologies in management, business and law*. Materials of the V Int. sci.-pract. conf., Oct. 29, 2005. Nevinnomyssk, IUBiP, 2005. Pp. 96—101. (In Russ.).
8. Zelentsova S. Yu., Kiryanchuk V. E., Krupko A. E. Multidimensional adaptive-simulation modeling in the forecasting system of socio-economic development of the region. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Economics and Management*, 2006, no. 1, pp. 148—154. (In Russ.).
9. Krupko A. E., Zelentsova S. Yu. *Mathematical modeling of development of the region*. Voronezh, Voronezh State university, 2007. 174 p. (In Russ.).
10. Krupko A. E., Fetisov Yu. M. *Mathematical modeling of development of the regions and municipalities of the Central Black-Earth Region*. Voronezh, Voronezh State Pedagogical University, 2019. 124 p. (In Russ.).
11. Cherkashin A. K., Istomina E. A., Vladimirov I. N., Myadzelets A. V., Myasnikova S. I., Solodyankina S. V., Trofimova I. E., Frolov A. A. *Homology and homotopy of geographical systems*. Novosibirsk, Geo, 2009. 351 p. (In Russ.).
12. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2008: Statistical collection. Moscow. 2008. 999 p. (In Russ.).
13. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2011: Statistical collection. Moscow. 2011. 990 p. (In Russ.).
14. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2018: Statistical collection. Moscow. 2018. 1162 p. (In Russ.).
15. Minashkin V. G., Shmoilova R. A., Sadovnikova N. A., Shuvalova E. B. *Theory of statistics*. Moscow, Finance and Statistics Publ., 2014. 656 p. (In Russ.).

Как цитировать статью: Крупко А. Э., Фетисов Ю. М., Рогозина Р. Е. Проблемы прогнозирования социально-экономического развития Центрально-Черноземного района в условиях политической и социально-экономической нестабильности // Бизнес. Образование. Право. 2020. № 1 (50). С. 302–309. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.50.181.

For citation: Krupko A. E., Fetisov Yu. M., Rogozina R. E. Problems of forecasting of socio-economic development of the Central-Black-Earth district under the conditions of political and socio-economic instability. *Business. Education. Law*, 2020, no. 1, pp. 302–309. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.50.181.