

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЦЕЛЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНДАРТНОГО АППАРАТА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Коды JEL: C1; R11; R 13

Трещевский Ю. И., доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и управления организациями, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: utreshevski@yandex.ru

SPIN-код: 9194-7480

Гладких М. О., кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления организациями, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: gladkih_maksim3@list.ru

SPIN-код: 3601-3799

Опойкова Е. А., аспирант, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: oea.voronezh@yandex.ru

SPIN-код: отсутствует

Папина О. Н., студент, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: papinaolga2001@gmail.com

SPIN-код: отсутствует

Аннотация.

Предмет. Методы прогнозирования целевых параметров социально-экономического развития регионов.

Тема. Прогнозирование экспорта российских регионов с использованием стандартного аппарата нейронных сетей.

Цель. Разработка и апробация методического подхода к прогнозированию целевых параметров социально-экономического развития российских регионов на период до 2024 года.

Методология. Логический, сравнительный, экономико-статистический, кластерный анализ, нейросетевое прогнозирование.

Результаты. Сформированы, при достаточном уровне достоверности и значимости параметров, пять виртуальных кластеров (групп регионов). Произведен анализ динамики экспорта модельных регионов, представляющих различные группы (виртуальные кластеры) российских регионов, различающиеся по совокупности параметров внешнеэкономической деятельности. Сформирован прогноз динамики экспорта модельных регионов.

Область применения. Экономическая политика региональных органов власти в сфере внешнеэкономической деятельности.

Выводы. В процессе исследования было установлено, что для большинства групп регионов сочетание кластерного анализа, корреляционно-регрессионного и нейросетевого методов прогнозирования позволяет: установить состав базовых показателей социально-экономического развития, связанных с целевым параметром; составить как минимум два варианта прогноза динамики целевого параметра; установить степень различия между вариантами прогноза динамики целевого параметра; определить приемлемость использования формальных методов прогнозирования (корреляционно-регрессионного и нейросетевого) для прогнозирования динамики целевого параметра социально-экономического развития модельных регионов.

Ключевые слова: регион, целевые параметры социально-экономического развития, экспорт, прогнозирование, нейронные сети.

UDC 332.1; 339.5

METHODOLOGICAL APPROACH TO PROGNOSIS OF TARGET-HIGH PARAMETERS OF REGIONS SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT USING THE STANDARD NEURAL NETWORK APPARATUS

JEL codes: C1; R11; R 13

Treshevsky Yu. I., Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Economics and Organization Management, Voronezh State University, Voronezh, Russia

E-mail: utreshevski@yandex.ru

SPIN code: 9194-7480

Gladkikh M. O., Ph.D. in Economics, Associate Professor, Department of Economics and Organization Management, Voronezh State University, Voronezh, Russia

E-mail: gladkikh_maksim3@list.ru

SPIN code: 3601-3799

Opoykova E. A., graduate student, Voronezh State University, Voronezh, Russia,

E-mail: oea.voronezh@yandex.ru

SPIN code: is absent

Papina O. N., student, Voronezh State University, Voronezh, Russia

E-mail: papinaolga2001@gmail.com

SPIN code: is absent

Abstract.

Subject. *Methods of forecasting target parameters of socio-economic development of regions.*

Research topic. *Forecasting the export of Russian regions using the standard apparatus of neural networks.*

Purpose. *Development and testing of a methodological approach to forecasting the target parameters of the socio-economic development of Russian regions for the period up to 2024.*

Methodology. *Logical, comparative, economic-statistical, cluster analysis, neural network prediction.*

Results. *Five virtual clusters (groups of regions) are formed, with a sufficient level of reliability and significance of parameters. An analysis of the export dynamics of model regions representing different groups (virtual clusters) of Russian regions, differing in the totality of parameters of foreign economic activity, was made. A forecast of the dynamics of exports of model regions has been formed.*

Scope. *Economic policy of regional authorities in the field of foreign economic activity.*

Conclusions. *During the study, it was found that for most region groups, the combination of cluster analysis, correlation-regression and neural network prediction methods allows: to establish the composition of basic indicators of socio-economic development associated with the target parameter; make at least two variants of target parameter dynamics forecast; to determine the degree of difference between the forecast variants of the target parameter dynamics; determine the acceptability of using formal prediction methods (correlation-regression and neural) to predict the dynamics of the target parameter of socio-economic development of model regions.*

Keywords: *region, target parameters of socio-economic development, ex-port, forecasting, neural networks.*

Введение

Состояние экономики, социальной сферы регионов является результатом действия многочисленных факторов, оказывающих на них многообразное и, зачастую, противоречивое воздействие [1, 2]. Задача органов власти различных уровней обеспечить положительную динамику базовых параметров социально-экономического развития страны и ее административно-территориальных образований [3, 4]. Одну из основных проблем составляют весьма противоречивые процессы в экономике и социальной сфере российских регионов, диспропорциональность, асинхронность развития в пространственном и функциональном аспектах [5, 6]. В известной степени проблему можно сгладить, осуществляя эффективное прогнозирование состояния базовых подсистем экономики регионов [7]. На настоящий момент можно утверждать, что для прогнозирования развития регионов применяются в практике стратегического планирования два метода: корреляционно-регрессионный анализ и экспертный метод [8, 9]. Каждый из них имеет свои положительные черты и недостатки. Обычно имеет место их совмещение, причем формальный (корреляционно-регрессионный) метод выполняет вспомогательную роль. Это вполне естественно — решение о перспективах развития той или иной подсистемы региона должны принимать люди на основе знания не только статистических характеристик, но о множестве взаимосвязанных процессов.

В обозримой перспективе первостепенное значение экспертного метода сохранится. Но в качестве вспомогательного инструмента применительно к прогнозированию социально-экономических процессов в регионах уже можно использовать нейронные сети. Для этого буквально в последние 1—2 года появились основания информационного и технологического свойства: продолжительность периода, на данных которого можно обучать нейронные сети достигла 12 лет (еще 4—5 лет необходимы для тестирования сети); в стандартных программах (Statistica и др.) сформировался стандартный аппарат нейронных сетей, который можно использовать для прогнозирования без значительных затрат времени и иных ресурсов. Общий подход к использованию стандартного аппарата нейронных сетей изложен в ряде работ Т. Азарновой и других авторов [10].

Методический подход к исследованию

Методический подход к прогнозированию базовых параметров социально-экономического развития российских регионов целесообразно представить в виде нескольких взаимосвязанных этапов.

Первый этап — выбор целевого параметра социально-экономического развития, во взаимосвязи с которым осуществляется иных показателей. В представленной статье в качестве такого параметра выбран совокупный экспорт региона. Выбор целевого параметра обусловлен его ролью как своеобразного индикатора ее конкурентоспособности.

Второй этап — выбор метода агрегирования регионов в достаточно однородные группы, которые могут быть представлены модельными регионами, отражающими их специфику. В качестве такого метода использован кластерный анализ, разработанный Дж. Хартиганом, М. Вонгом, И. Манделем [11, 12]. Применительно к региональной экономике метод был развит О. Голиченко, И. Щепиной [13], и использован в работах Д. Трещевского, Ю. Трещевского, Д. Степыгина [14, 15], других исследователей.

Третий этап — формирование структуры показателей, характеризующих не только экспорт, но и связанные с ним процессы. В качестве таких показателей использованы: валовой региональный продукт (млн руб.); валовой региональный продукт на душу населения (руб.); экспорт в страны СНГ (в фактически действовавших ценах; млн долл. США); экспорт в страны дальнего зарубежья (в фактически действовавших ценах; млн долл. США); импорт из стран СНГ (в фактически действовавших ценах; млн долл. США); импорт из стран дальнего зарубежья (в фактически действовавших ценах; млн долл. США); экспорт технологий и услуг технического характера (поступление средств за год, тыс. долл. США); импорт технологий и услуг технического характера (выплаты средств за год, тыс. долл. США); прямые иностранные инвестиции в экономику (поступление, тыс. долл. США). Весь набор показателей использован как для формирования виртуальных кластеров, так и для прогноза с использованием нейронных сетей (для формирования массива показателей, коррелирующих с целевым — экспортом).

Четвертый этап — формирование виртуальных кластеров с использованием подхо-

дов, опубликованных в работах по кластеризации регионов [14, 15 и др.]. В данной статье авторы не ставят себе задачу охарактеризовать кластеры с позиций развития различных элементов социально-экономического развития, поэтому ограничились ранжированием групп регионов (виртуальных кластеров) по сумме нормированных значений показателей от наиболее развитого кластера «А» и, по мере ее убывания, — «Б», «В», «Г», «Д». Из кластеризации исключены Москва (в силу ее особого положения в региональном социально-экономическом пространстве) регионы, входящие в более крупные и административно-территориальные образования, по которым отсутствуют официальные данные за анализируемый период. Кластеризация производилась за ряд лет в период с 2000 г. по 2018 г.

Пятый этап — выбор модельного региона. В качестве модельных регионов приняты имеющие минимальные расстояния до центров соответствующих кластеров по сумме нормированных показателей, указанных в описании третьего этапа. Анализировалось состояние регионов, входящих в соответствующие кластеры по состоянию на 2018 г. В итоге модельные регионы представлены следующим образом: Московская область — кластер «А»; Самарская область — кластер «Б»; Магаданская область — кластер «В»; Воронежская область — кластер «Г»; Тамбовская область — кластер «Д».

Шестой этап — корреляционно-регрессионный анализ экспорта в страны дальнего зарубежья и СНГ, позволивший установить динамику значений показателя за период 2000—2018 гг.

Седьмой этап — прогнозирование совокупного экспорта модельных регионов на период до 2024 года на основе экстраполяции значений по функции с наибольшим

коэффициентом детерминации, отражающей тенденции 2000—2018 гг.

Восьмой этап — прогнозирование совокупного экспорта модельных регионов с использованием стандартного аппарата нейронных сетей, представленного в программном комплексе «Statistica 12».

Результаты

Московская область. Анализ нейронной сети показал достаточные значения коэффициентов корреляции между объемами совокупного экспорта с ВРП, ВРП на душу населения, импортом из стран дальнего зарубежья и СНГ, импортом технологий и услуг технического характера, иностранными прямыми инвестициями. Низкое значение имеет только коэффициент корреляции с экспортом технологий и услуг технического характера. В целом это свидетельствует о тесных взаимосвязях экспорта и иных социально-экономических процессов в регионе. Динамика обоих составляющих совокупного экспорта (в страны дальнего и ближнего зарубежья) наилучшим образом описывается линейными функциями с коэффициентами детерминации, соответственно: 0,6203 и 0,7895.

Выбранная сеть — MLP 6-16-1. Распределение ошибок и величины средних квадратических отклонений на этапах обучения и тестирования сети показали удовлетворительные результаты. Функция активации на входе и выходе — тангентальная (широко используемая функция, не имеющая значительных недостатков кроме низких значений градиента в точках, близких к границам диапазона значений функции (-1; 1)).

Прогноз с использованием аппарата нейронных сетей и на основе экстраполяции значений по линейному тренду представлен в таблице 1.

Таблица 1

*Прогноз совокупного экспорта Московской области на период до 2024 года
(млн долл. США)*

Годы	Прогноз нейросети	Прогноз по линейному тренду	Расхождение (гр. 2 — гр. 3)
2019	6094,468	6731,08	-636,61
2020	6204,737	7007,07	-802,33
2021	6303,816	7283,06	-979,24
2022	6392,637	7559,04	-1166,41
2023	6472,097	7835,03	-1362,93
2024	6543,052	8111,02	-1567,96

Как видим, значения целевого параметра по прогнозу нейронной сети существенно отличаются от линейного, причем, по мере удаления от начального периода расхождение усиливается и достигает в 2024 году более полутора миллионов долларов США. Это обстоятельство следует учитывать при экспертном прогнозировании экспорта региона. Вполне оправдано рассматривать полученные значения как оптимистичный и пессимистичный варианты прогноза.

В Самарской области ситуация с возможностями анализа и прогнозирования экспорта значительно сложнее. Анализ объемов экспорта в страны СНГ показал, что его динамика достаточно хорошо описывается линейной, степенной (со значением показателя степени меньше 1,0), логарифмической функциями. Однако, в составе совокупного экспорта доля стран СНГ невелика. Основной объем экспорта обеспечивают поставки в страны дальнего зарубежья. Его прогнозирование на основе экстраполяции невозможно, поскольку коэффициенты детерминации очень низкие, например, для линейной функции

$R^2 = 6E - 05$. Совокупный экспорт изменяется скачкообразно.

Взаимосвязи объемов совокупного экспорта с иными подсистемами региона гораздо менее выражены, чем в Московской области — только с тремя показателями корреляционные зависимости имеют достаточные значения: импорт из стран СНГ и стран дальнего зарубежья, иностранные прямые инвестиции. Иначе говоря, нет явно выраженной связи экспорта ни с общим уровнем социально-экономического развития, ни с технико-технологическими и инвестиционными процессами, участниками которых выступают зарубежные партнеры.

Как и в случае с Московской областью, распределение ошибок и величины средних квадратических отклонений на этапах обучения и тестирования сети показали удовлетворительные результаты. Представляет интерес тот факт, что функция активации на входе логистическая, а на выходе — экспоненциальная, что позволяет предположить повышенный «оптимизм» нейронной сети в отношении прогнозируемого показателя. Данные таблицы 2 подтверждают эти ожидания.

Таблица 2

*Прогноз совокупного экспорта Самарской области на период до 2024 года
(млн долл. США)*

Годы	Прогноз нейросети	Прогноз по линейному тренду	Расхождение (гр. 2 — гр. 3)
2019	7521,006	7213,79	307,22
2020	7931,647	7315,42	616,23
2021	8359,295	7417,05	942,24
2022	8803,148	7518,69	1284,46
2023	9262,817	7620,32	1642,50
2024	9738,455	7721,96	2016,50

Как видим, для Самарской области прогноз нейронной сети показывает существенно более высокие значения, чем экстраполяция линейного тренда, что позволяет представить два варианта прогноза: оптимистичный и пессимистичный (инерционный, соответствующий линейному тренду).

Экспорт в Магаданской области, представляющей кластер «В», стабилен только в страны дальнего зарубежья, в страны СНГ осуществлялся периодически, за ряд лет вообще не представлен в официальной статистике, поэтому совокупный экспорт

мы оцениваем только по одной его составляющей. Динамика экспорта данного региона в анализируемом периоде представлена на рисунке 1 и описывается уравнениями 1, 2, 3.

$$y = 16,746x - 42,472 \quad (1); R^2 = 0,7906$$

$$y = 1,2634x^{1,8581} \quad (2); R^2 = 0,8892$$

$$y = 106,72 \ln(x) - 95,988 \quad (3); R^2 = 0,6612$$

Как видим, наиболее высокий коэффициент детерминации демонстрирует степенная функция, самый низкий — логарифмическая. Проблему для прогнозирования со-

ставляет тот факт, что на протяжении всего анализируемого периода значения функ-

ций существенно расходятся, исключение составляют 2012—2014 годы (рисунок 1).

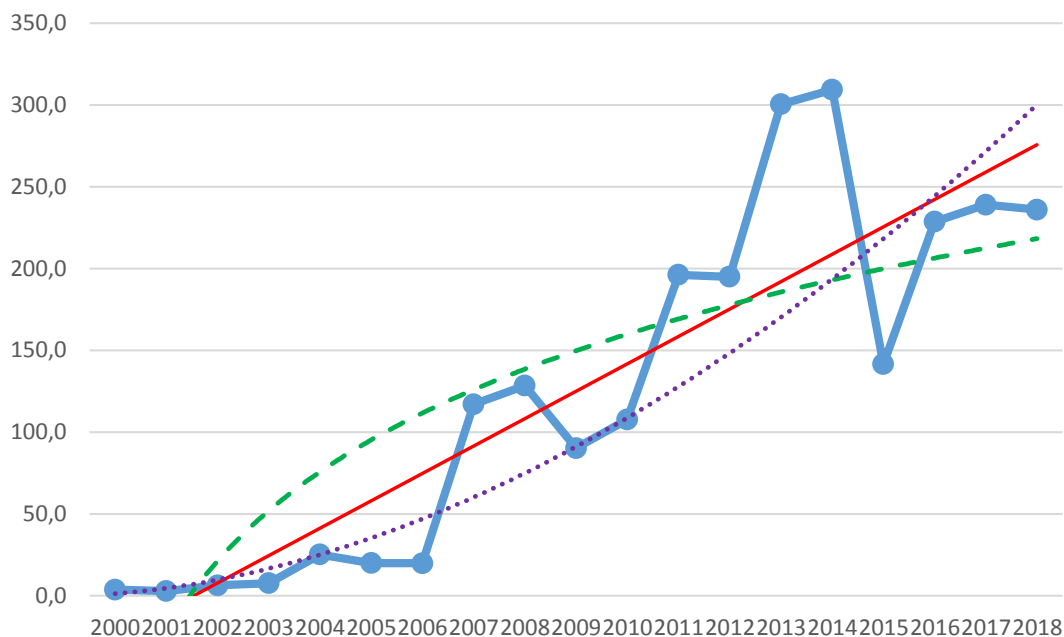


Рис. 1. Динамика экспорта Магаданской области (млн долл. США)

Как видим, после 2015 года логарифмическая и степенная функции демонстрируют принципиально различные векторы изменений анализируемого показателя. При этом, показатель степени степенной функции столь высок, что прогноз с ее использованием в ближайшей перспективе покажет чрезвычайно высокий прирост объемов экспорта, что не следует из его неравномерной динамики в предшествующих периодах. Кроме того, логарифмическая функция показывает высокую вероятность «затухающих» темпов роста. В связи с этим представляется наиболее вероятной линейная динамика с ежегодным приростом 16,7 млн долл. США (по производной линейной функции).

Как видно из данных, представленных в таблице 3, расхождение между прогнозом нейросети и по линейной функции вполне приемлемое. Можно принять в качестве версии развитие по двум, довольно близким, сценариям — оптимистичному (нейронной сети) и умеренно оптимистичному (линейному).

В Воронежской области (кластер «Г») динамика экспорта в страны СНГ хорошо описывается линейной, степенной и логарифмической функциями (уравнения 4, 5, 6).

$$y = 38,263x - 37,149 \quad (4); R^2 = 0,7548$$

$$y = 21,441x^{1,1674} \quad (5); R^2 = 0,9054$$

$$y = 251,04\ln(x) - 174,29 \quad (6); R^2 = 0,6689$$

Таблица 3

Прогноз экспорта Магаданской области на период до 2024 года (млн долл. США)

Годы	Прогноз нейросети	Прогноз по линейному тренду	Расхождение (гр. 2 — гр. 3)
2019	282,50	292,44	-9,94
2020	303,65	309,19	-5,54
2021	325,83	325,93	-0,10
2022	349,10	342,68	6,42
2023	373,52	359,42	14,10
2024	399,16	376,17	22,99

Высокие коэффициенты детерминации у этих функций, описывающих динамику экспорта в страны дальнего зарубежья (уравнения 7, 8, 9).

$$y = 44,427x + 141,95 \quad (7); R^2 = 0,7964$$

$$y = 107,77x^{0,7411} \quad (8); R^2 = 0,8649$$

$$y = 308,97\ln(x) - 53,514 \quad (9); R^2 = 0,7931$$

Линейные функции, описывающие динамику экспорта Воронежской области, в обоих случаях имеют очень близкие коэффициенты детерминации. При этом простоты объема экспорта в страны дальнего зарубежья несколько выше, чем в страны СНГ. Динамика экспорта в страны СНГ и дальнее зарубежье по степенной функции демонстрирует противоположные векторы: повышающиеся темпы роста в первом случае и снижающиеся — во втором. При достаточно близких объемах экспорта в данные группы стран это свидетельствует в пользу линейного тренда. Потенциально воз-

можно и динамика по логарифмическому тренду с падением темпов роста совокупного экспорта. Для сопоставления прогнозов с использованием корреляционно-регрессионного и нейросетевого анализа мы использовали линейную функцию (таблица 4).

При нейросетевом прогнозировании выявлены тесные корреляционные зависимости между совокупным экспортом, ВРП, ВРП на душу населения, импортом из стран СНГ, иностранными прямыми инвестициями, что свидетельствует о высокой взаимозависимости экспорта и общего социально-экономического развития региона. Нейронная сеть MLP 5-6-1. Входная функция тангентальная, на выходе — логистическая. Распределение ошибок и величины средних квадратических отклонений на этапах обучения и тестирования сети показали удовлетворительные результаты. Сопоставление данных прогноза нейросети и по линейной функции представлено в таблице 4.

Таблица 4

*Прогноз совокупного экспорта Воронежской области на период до 2024 года
(млн долл. США)*

Годы	Прогноз нейросети	Прогноз по линейному тренду	Расхождение (гр. 2 — гр. 3)
2019	1963,95	1758,61	205,34
2020	2120,29	1841,30	278,99
2021	2292,70	1923,99	368,71
2022	2483,65	2006,68	476,96
2023	2695,89	2089,38	606,51
2024	2932,68	2172,07	760,61

Как видно из данных, представленных в таблице 4, можно прогнозировать два варианта прогноза динамики совокупного экспорта Воронежской области.

Сочетание тангентальной функции на входе и логистической на выходе означает, что на качественном уровне фактически прогнозируется одна и те же динамика экспорта, только в прогнозном периоде темпы роста будут ниже в средней зоне временного диапазона. Оба варианта можно рассматривать как оптимистичные, поскольку в любом случае прогнозируется значительный рост показателя. Прогноз нейросети следует считать повышено оптимистичным, по линейной функции — оптимистичным. Наличие двух

вариантов оптимистичного прогноза может быть связано с чрезвычайно высокими темпами роста экспорта в обе группы страны (особенно — в страны дальнего зарубежья) в 2002—2007 гг., 2009—2012 гг. и в 2016—2018 гг. (соответственно, рисунки 2 и 3).

Экспорт Тамбовской области относительно невелик. Его динамика в страны СНГ нестабильна, коэффициент детерминации линейной функции чуть выше нижней границы значимости («объясняющей силы влияния» независимой переменной). Остальные коэффициенты детерминации ниже этого уровня. Иллюстрацией этого положения может служить рисунок 4.

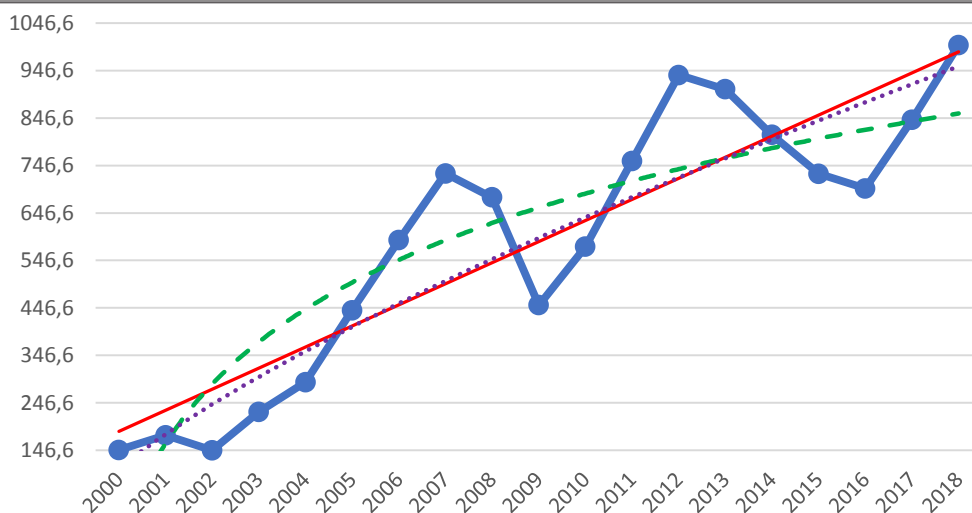


Рис. 2. Экспорт Воронежской области в страны дальнего зарубежья, млн долл. США (обозначения линий трендов соответствуют уравнениям 7, 8, 9)

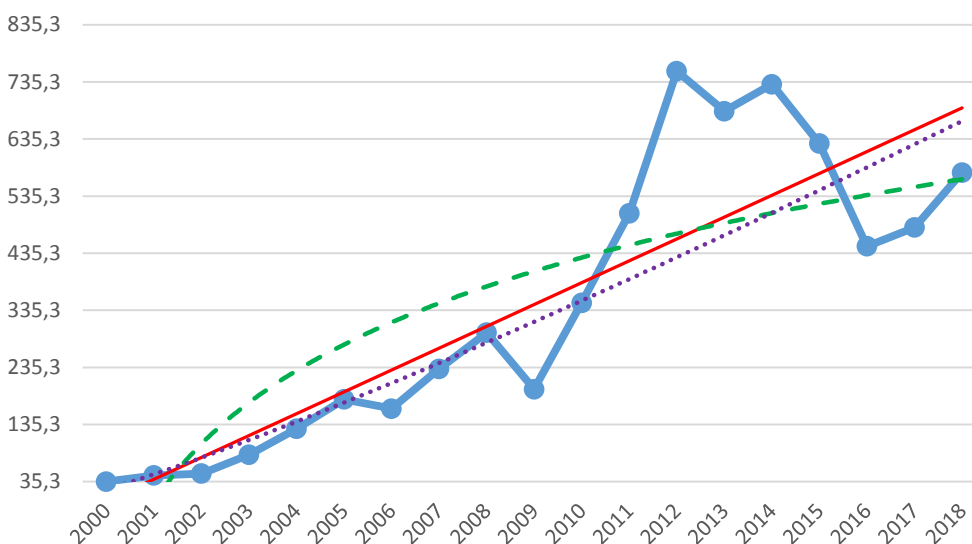


Рис. 3. Экспорт Воронежской области в страны СНГ, млн долл. США (обозначения линий трендов соответствуют уравнениям 4, 5, 6)

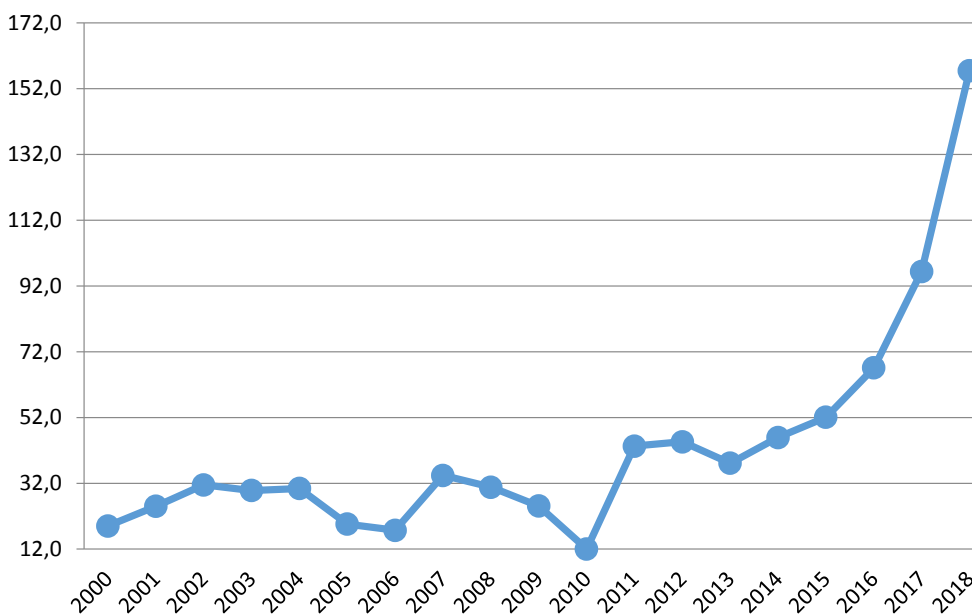


Рис. 4. Экспорт Тамбовской области в страны дальнего зарубежья, млн долл. США

Явно выделяются два периода в развитии экспорта Тамбовской области — стабильно низкое состояние в период 2000—2013 гг. и очень быстрый рост с 2014 года по настоящее время. Это существенно снижает возможности прогно-

зирования с использованием формальных методов.

Скорее как экспериментальную модель, а не реальный прогноз мы рассматриваем динамику показателей до 2024 года, представленную в таблице 5.

Таблица 5

Экспериментальная модель прогнозирования совокупного экспорта Тамбовской области на период до 2024 года (млн долл. США)

Годы	Прогноз нейросети	Прогноз по линейному тренду	Расхождение (гр. 2 — гр. 3)
2019	137,5174	157,40	-19,88
2020	144,9678	164,76	-19,80
2021	152,6844	172,13	-19,44
2022	160,7152	179,49	-18,78
2023	168,9936	186,86	-17,87
2024	177,5120	194,22	-16,71

Как видим, обе модели (линейная и нейронная) явно не «склонны принимать во внимание» очень высоких темпов роста экспорта региона в страны дальнего зарубежья в период 2015—2018 гг., полагаясь в большей степени на длительный период его стагнационного состояния.

Выводы

Обобщение вышеизложенного позволяет сделать следующие выводы.

Прогнозирование параметров социально-экономического целесообразно осуществлять в несколько этапов: выбор целевого параметра (в нашем случае — совокупный экспорт региона; выбор метода агрегирования регионов в достаточно однородные группы (предлагаем использовать для этого кластерный анализ); формирование структуры показателей, характеризующих не только целевой параметр, но и связанные с ним процессы; формирование однородных групп регионов (в нашем виртуальных кластеров); выбор модельного региона; корреляционно-регрессионный анализ целевого параметра; прогнозирование целевого параметра на долгосрочный период (в нашем случае — до 2024 года) на основе экстраполяции значений по функции с наибольшим коэффициентом детерминации, отражающей тенденции 2000—2018 гг.; прогнозирование целевого параметра модельных регионов с использованием стандартного аппарата нейронных сетей.

Использование предложенного подхода позволило установить модельные регионы, отражающие специфику внешнеэкономической деятельности административно-территориальных образований во взаимосвязи с общими показателями социально-экономического развития.

В процессе прогнозирования было установлено, что для большинства групп регионов сочетание кластерного анализа, корреляционно-регрессионного и нейросетевого методов прогнозирования позволяет:

- установить состав базовых показателей социально-экономического развития, связанных с целевым параметром;
- составить как минимум два варианта прогноза динамики целевого параметра;
- установить степень различия между вариантами прогноза динамики целевого параметра;
- определить приемлемость использования формальных методов прогнозирования (корреляционно-регрессионного и нейросетевого) для прогнозирования динамики целевого параметра социально-экономического развития модельных регионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bitarova M. A., Getmantsev K. V., Ilyasova E. V., Krylova E. M., Treshchevsky Y. I. Factors of socio-economic development of rural regions in the area of influence of city agglomerations. Lecture Notes in Networks and Systems, 2019, 57, p. 183—194.

2. *Endovitsky D. A., Treshchevsky Y. I., Terzi I. V.* Global Competitiveness as a Background of the Digital Economy Development. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2020, 87, p. 499—509.
3. *Рисин И. Е.* Стратегическое планирование социально-экономического развития регионов : монография / И. Е. Рисин, Ю. И. Трещевский, Л. М. Никитина. — Воронеж : ВГУ, 2004. — 256 с.
4. *Трещевский Ю. И.* Государственное регулирование экономики в период формирования рыночных отношений : монография / Ю. И. Трещевский. — Воронеж : изд-во ВГУ. — 208 с.
5. *Трещевский Ю. И.* Теоретико-методическое обоснование механизма управления регионами в условиях асинхронности их развития / Ю. И. Трещевский, А. И. Щедров // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. — 2011. — № 2. — С. 104—113.
6. *Преображенский Б. Г.* Межбюджетные отношения в мировой и российской практике: монография / Б. Г. Преображенский, И. Е. Рисин, Ю. И. Трещевский ; Воронеж. Межрегион. ин-т обществ. наук (МИОН). — Воронеж, 2003. — 160 с. — (Межрегиональные исследования в общественных науках).
7. Прогноз научно-технологического развития Воронежской области по направлению АПК и пищевая промышленность до 2030 года : монография / И. Ф. Хицков, В. Г. Закшевский, В. Ф. Печеневский [и др.]. — Воронеж : Изд-во ГНУ НИИЭО АПК ЦЧР России, 2014. — 93 с.
8. *Treshchevsky Y., Nikitina L., Litovkin M., Mayorova V.* Results of innovational activities of russian regions in view of the types of economic culture. *Russia and the European Union. Development and Perspectives. Series «Contributions to Economics».* Springer International Publishing AG 2017. Cham, Switzerland, 2017. pp. 47—53.
9. *Risin I. E., Treshchevsky Y. I., Tabachnikova M. B., Franovskaya G. N.* Public authorities and business on the possibilities of regions development / *Overcoming Uncertainty of Institutional Environment as a Tool of Global Crisis Management. Series «Contributions to Economics».* Volgograd. 2017. pp. 55—62.
10. *Азарнова Т. В.* Прогнозирование параметров социально-экономического развития региона с использованием аппарата нейронных сетей (на примере ВРП Воронежской области) / Т. В. Азарнова, Ю. И. Трещевский, С. Н. Папин // Современная экономика: проблемы и решения. — 2020. — № 3 (123). — С. 8—25.
11. *J. A. Hartigan, M. A. Wong.* Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society Series C (Applied Statistics)*. 1979. — Vol. 28, N 1. — P. 100—108.
12. *Мандель И. Д.* Кластерный анализ / И. Д. Мандель. — Москва : Финансы и статистика, 1988. — 176 с.
13. *Голиченко О. Г.* Анализ результативности инновационной деятельности регионов России / О. Г. Голиченко, И. Н. Щепина // Экономическая наука современной России. — 2009. — № 1. — С. 77—95.
14. *Трещевский Д. Ю.* Управление инновационным развитием регионов: принципы, стратегии, инструментарий : монография / Д. Ю. Трещевский. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013. — 176 с.
15. *Трещевский Ю. И.* Виртуальная кластеризация российских регионов в сфере социальной ответственности бизнеса и государства / Ю. И. Трещевский, Д. А. Степыгин // Регион: системы, экономика, управление. — 2013. — № 1 (20). — С. 47—58.
16. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2002 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2002. — С. 46—47; 55—56; 101—102; 110—111; 297—298; 798—799; 284—285; 288—289; 290—291.
17. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2003 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2003. — С. 52—53; 64—65; 115—116; 126—127; 306—307; 310—311; 312—313; 321—322; 836—837;
18. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2004 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2004. — С. 60—61; 70—71; 123—126; 144—146; 336—337; 340—341; 342—343; 349—350; 903—904;
19. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2005 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2005. — С. 52—53; 62—63; 113—114;

138—139; 332—333; 336—337; 338—339; 340—341; 347—348; 874—875;

20. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2006 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2006. — С. 74—75; 84—85; 135—136; 158—159; 336—337; 340—345; 351—352; 920—921.

21. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2007 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2007. — С. 74—75; 84—85; 135—136; 157—158; 340—341; 344—349; 352—353; 930—931.

22. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2008 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2008. — С. 74—75; 84—84; 135—136; 157—158; 340—341; 344—349; 352—353; 938—939.

23. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2009. — С. 78—79; 88—89; 140—141; 168—169; 348—349; 352—357; 361—362; 930—931.

24. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2010 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2010. — С. 74—75; 84—85; 136—137; 164—165; 348—349; 352—357; 361—362; 934—935.

25. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2011 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2011. — С. 56—57; 120—121; 148—149; 340—341; 344—349; 353—354; 928—929.

26. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2012. — С. 72—73; 82—83; 134—135; 168—169; 372—373; 376—381; 385—386; 930—931.

27. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2013 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2013. — С. 63—64; 73—74; 124—125; 160—161; 362—363; 366—371; 376—377; 930—931.

28. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2014 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2014. — С. 49; 54—55; 104—105; 132—133; 336—337; 340—345; 349—350; 840—841.

29. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2015. — С. 49; 54—57; 160—161; 198—199; 465—466; 469—474; 478—479; 1178—1179.

30. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2016 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2016. — С. 57—58; 69—74; 194—195; 228—229; 503—504; 507—512; 516—517; 1234—1235.

31. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2017. — С. 57—58; 73—78; 208—209; 242—243; 521—522; 529—534; 538—539; 594—595.

32. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2018. — С. 59—62; 75—80; 156—157; 190—191; 444—445; 452—457; 460—461; 489—490.

33. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019 : статистический сборник // Госкомстат России. — Москва, 2019. — С. 63—64; 79—84; 164; 198—199; 478—479; 499—500; 457—458; 465—470.

LITERATURE

1. *Bitarova M. A., Getmantsev K. V., Plyasova E. V., Krylova E. M., Treshchevsky Y. I.* Factors of socio-economic development of rural regions in the area of influence of city agglomerations. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2019, 57, p. 183—194.

2. *Endovitsky D. A., Treshchevsky Y. I., Terzi I. V.* Global Competitiveness as a Background of the Digital Economy Development. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2020, 87, p. 499—509.

3. *Risin I. E.* Strategic planning of socio-economic development of regions : monograph / I. E. Risin, Yu. I. Treschevsky, L. M. Nikitina. — Voronezh : VSU, 2004. — 256 p.

4. *Treschevsky Yu. I.* State regulation of the economy in the period of formation of market relations : monograph / Yu. I. Treschevsky. — Voronezh : Publishing House of VSU. — 208 p.

5. *Treschevsky Yu. I.* Theoretical and methodological substantiation of the mechanism of regional management in conditions

of asynchronism of their development / Yu. I. Treschevsky, A. I. Shchedrov // Bulletin of Voronezh State University. Series: Economics and Management. — 2011. — No. 2. — P. 104—113.

6. *Preobrazhensky B. G.* Inter-budget relations in world and Russian practice : monograph / B. G. Preobrazhensky, I. E. Risin, Yu. I. Treschevsky ; Voronezh. Interregion. in-t societies sciences (MION). — Voronezh, 2003. — 160 p. — (Interregional Research in the Social Sciences).

7. Forecast of scientific and technological development of the Voronezh region in the direction of agro-industrial complex and food industry until 2030 : monograph / I. F. Khitskov, V. G. Zakshevsky, V. F. Pechenevsky [and others]. — Voronezh, 2014. — 93 p.

8. *Treshchevsky Y., Nikitina L., Litoukin M., Mayorova V.* Results of innovative activities of Russian regions in view of the types of economic culture. Russia and the European Union. Development and Perspectives. Series «Contributions to Economics». Springer International Publishing AG 2017. Cham, Switzerland, 2017. pp. 47—53.

9. *Risin I. E., Treshchevsky Y. I., Tabachnikova M. B., Franovskaya G. N.* Public authorities and business on the possibilities of regions development/ Overcoming Uncertainty of Institutional Environment as a Tool of Global Crisis Management. Series «Contributions to Economics». Volgograd. 2017. pp. 55—62.

10. *Azarnova T. V.* Forecasting the parameters of the socio-economic development of the region using the apparatus of neural networks (on the example of the GRP of the Voronezh region) / T. V. Azarnova, Yu. I. Treshchevsky, S. N. Papin // Modern economy: problems and solutions. — 2020. — No. 3 (123). — P. 8—25.

11. *Hartigan J. A., Wong M. A.* Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm. Journal of the Royal Statistical Society Series C (Applied Statistics). — 1979. — Vol. 28, N 1. — Pp. 100—108.

12. *Mandel I. D.* Cluster Analysis / I. D. Mandel. — Moscow : Finance and Statistics, 1988. — 176 p.

13. *Golichenko O. G.* Analysis of the innovation performance of the regions of Russia / O. G. Golichenko, I. N. Shchepina // Economic science of modern Russia. — 2009. — No. 1. — P. 77—95.

14. *Treschevsky D. Yu.* Management of innovative development of regions: principles, strategies, tools : monograph / D. Yu. Treschevsky. — Voronezh : Publishing and Printing Center of Voronezh State University, 2013. — 176 p.

15. *Treschevsky Yu. I.* Virtual clustering of Russian regions in the field of social responsibility of business and the state / Yu. I. Treschevsky, D. A. Stepygin // Region: systems, economics, management. — 2013. — No. 1 (20). — P. 47—58.

16. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2002 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2002. — Pp. 46—47; 55—56; 101—102; 110—111; 297—298; 798—799; 284—285; 288—289; 290—291.

17. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2003 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2003. — Pp. 52—53; 64—65; 115—116; 126—127; 306—307; 310—311; 312—313; 321—322; 836—837.

18. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2004 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2004. — Pp. 60—61; 70—71; 123—126; 144—146; 336—337; 340—341; 342—343; 349—350; 903—904.

19. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2005 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2005. — Pp. 52—53; 62—63; 113—114; 138—139; 332—333; 336—337; 338—339; 340—341; 347—348; 874—875;

20. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2006 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2006. — Pp. 74—75; 84—85; 135—136; 158—159; 336—337; 340—345; 351—352; 920—921.

21. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2007 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2007. — Pp. 74—75; 84—85; 135—136; 157—158; 340—341; 344—349; 352—353; 930—931.

22. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2008 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2008. — Pp. 74—75; 84—84; 135—136; 157—158; 340—341; 344—349; 352—353; 938—939.

23. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2009 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2009. — Pp. 78—79; 88—89; 140—141; 168—169; 348—349; 352—357; 361—362; 930—931.

24. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2010 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2010. — Pp. 74—75; 84—85; 136—137; 164—165; 348—349; 352—357; 361—362; 934—935.

25. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2011 : statistical collection // Goskomstat of Russia. — Moscow, 2011. — Pp. 56—57; 120—121; 148—149; 340—341; 344—349; 353—354; 928—929.

26. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2012. — Pp. 72—73; 82—83; 134—135; 168—169; 372—373; 376—381; 385—386; 930—931.

27. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2013 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2013. — Pp. 63—64; 73—74; 124—125; 160—161; 362—363; 366—371; 376—377; 930—931.

28. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2014 : statistical collection // State

Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2014. — Pp. 49; 54—55; 104—105; 132—133; 336—337; 340—345; 349—350; 840—841.

29. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2015 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia.— Moscow, 2015. — Pp. 49; 54—57; 160—161; 198—199; 465—466; 469—474; 478—479; 1178—1179.

30. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2016 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2016. — Pp. 57—58; 69—74; 194—195; 228—229; 503—504; 507—512; 516—517; 1234—1235.

31. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2017 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2017. — Pp. 57—58; 73—78; 208—209; 242—243; 521—522; 529—534; 538—539; 594—595.

32. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2018 : statistical compilation // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2018. — Pp. 59—62; 75—80; 156—157; 190—191; 444—445; 452—457; 460—461; 489—490.

33. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2019 : statistical collection // State Statistics Committee of Russia. — Moscow, 2019. — Pp. 63—64; 79—84; 164; 198—199; 478—479; 499—500; 457—458; 465—470.

УДК 33.338

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Коды JEL: D04, F63, R11, Q01, O25, O31

Толстых Т. О., доктор экономических наук, профессор, кафедра промышленного менеджмента, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, г. Москва, Россия

E-mail: tt400@mail.ru

SPIN-код: 1534-4113

Шмелева Н. В., кандидат экономических наук, доцент, кафедра экономики, институт ЭУПП, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия

E-mail: nshmeleva@misis.ru

SPIN-код: 3815-665