

УДК 332.1(063)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ВРП ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ)

Азарнова Татьяна Васильевна, д-р техн. наук, проф.

Трещевский Юрий Игоревич, д-р экон. наук, проф.

Папин Сергей Николаевич, студ.

Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, Россия, 394018; e-mail: ivdas92@mail.ru; utreshevski@yandex.ru; serezh-papin@mail.ru

Цель: исследование возможностей применения аппарата нейронных сетей для прогнозирования параметров региональных социально-экономических систем в процессе формирования стратегий административно-территориальных образований России. *Обсуждение:* использование математических методов прогнозирования социально-экономического развития регионов широко обсуждается в научной литературе. Однако на практике их применение весьма ограничено в связи с высокой сложностью и трудоемкостью формирования моделей, направленных на решение конкретной задачи. Тиражирование таких моделей, позволяющее использовать готовый к применению математический аппарат, затруднительно в силу специфики каждого административно-территориального образования. Распространение данных методов, в том числе и нейронных сетей, может иметь практическое значение при использовании стандартных пакетов компьютерных программ. *Результаты:* в статье продемонстрированы возможности и ограничения прогнозирования индикаторов социально-экономического развития регионов на период до 2024 года на примере ВРП Воронежской области. Установлено, что прогноз нейронной сети, сформированный на основе ее обучения за ретроспективный период, можно считать адекватным реальным экономическим процессам в регионе. Частные ошибки прогноза имеют место, но общий вывод о возможности применения нейронных сетей в задачах прогнозирования динамики показателей социально-экономического развития региона является положительным. Применительно к ВРП прогноз нейросетей является более «осторожным» по сравнению с прогнозом экспертов, причем нельзя априори отдать предпочтение ни одному из методов.

В связи с этим можно считать оправданным использование метода прогнозирования с использованием аппарата нейронных сетей в качестве вспомогательного инструмента для формирования прогноза на долгосрочный период, не выходящий за пределы, принятые для использования большинства экономико-статистических методов (1/3 от периода, за который сформированы исходные данные).

Ключевые слова: социально-экономическая система, регион, прогнозирование, нейронные сети.

DOI: 10.17308/meps.2020.3/2321

Введение

Решение проблемы прогнозирования социально-экономического развития регионов связано в настоящее время со значительными трудностями. Прежде всего необходимо отметить весьма длительный период времени, на который необходимо составить прогноз в соответствии с нормативно-правовыми актами Российской Федерации – не менее чем до 2030 года [26]. Многие регионы, в том числе и Воронежская область, выбирают еще больший временной интервал от момента прогнозирования. Так, «Стратегия социально-экономического развития Воронежской области на период до 2035 года» была принята в декабре 2018 года [3], соответственно, динамика целевых индикаторов рассчитывалась на 17 лет. За такой период времени происходят существенные изменения в экономических процессах на глобальном, макро-, мезо- и микроуровнях. За прошедшие с 2000 по 2017 г. 17 лет можно отметить не менее пяти различающихся по многим параметрам периодов – от быстрого роста и даже перегрева экономики до кризисов различного происхождения [25].

Существенно для прогнозирования на длительный и даже среднесрочный период, что изменения различным образом касаются территориальных и функциональных подсистем регионов [4, 27, 31].

Традиционным инструментом получения данных для прогноза является стратегический анализ [24], на основе которого и формируется совокупность прогнозируемых и планируемых параметров региональных социально-экономических систем [1, 2, 23, 28-30, 32].

Сложности, возникающие в процессе прогнозирования в значительной степени, связаны с явно недостаточным распространением развитой системы математических методов. Авторы не берутся утверждать, что данные методы сразу дадут весомые результаты, необходимо длительное и разностороннее исследование их возможностей и ограничений, чему и посвящена представленная статья.

Методические приемы исследования

Для анализа возможностей использования аппарата нейронных сетей для прогнозирования социально-экономических показателей формируем информационный массив, включающий все индикаторы (целевые показате-

тели «Стратегии социально-экономического развития Воронежской области на период до 2035 года» (далее «Стратегия-2035») [3], представленные в материалах официальной статистики за достаточно длительный период. Из 45 индикаторов в статистических справочниках системно представлены только 15, отраженных в табл. 1. Для анализа нами принят период с 2000 по 2017 год, охватывающий весь период «новой экономики», сформировавшейся в России после системного кризиса 90-х годов XX века.

Данные и последующие расчеты произведены за каждый год, однако в таблице 1 мы отразили только ключевые точки, характеризующие различные с точки зрения состояния экономической конъюнктуры годы. В том числе: 2000-2006 гг. – период высокой экономической конъюнктуры, быстрый экономический рост; 2009 г. – наиболее отчетливое проявление кризиса 2008-2009 годов в статистике (2008 год «не успел» зафиксироваться в статистике как кризисный, поскольку его начало пришлось на осенний период); 2010-2012 годы – выход из кризиса; 2015 год – наиболее отчетливое проявление кризиса 2014-2015 годов, вызванного ухудшением внешнеполитической ситуации; 2017 год – период стабильности при низком уровне экономической конъюнктуры.

Таблица 1

Показатели социально-экономического развития Воронежской области за период с 2000 по 2017 г. (исходные данные) [6-22]

№	Показатели	2000	2006	2009	2010	2012	2015	2017
1	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет	66,54	67,11	68,94	69,45	70,84	71,67	73,03
2	Младенческая смертность, случаев на 1000 родившихся живыми	13,3	8,2	7,8	7,1	6,6	4,9	4,8
3	Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, %	41,9	19,6	19,3	18,4	10,3	9,3	9,1
4	Среднедушевые денежные доходы, тыс. рублей	1,49	7,02	11,73	13,88	18,95	29,92	29,33
5	Реальные денежные доходы населения, % к предыдущему периоду	100,9	115,5	98,7	108,9	114,1	100,8	95,9
6	Уровень безработицы, %	10,1	5,5	8,6	7,5	5,5	4,5	4,3
7	Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на 1 жителя, м ²	21,4	24,5	26,1	25,8	26,6	28,3	29,4

№	Показатели	2000	2006	2009	2010	2012	2015	2017
8	Уровень преступности (количество зарегистрированных преступлений на 100 тыс. населения)	1606	1777	1378	1177	1188	1685	1395
9	ВРП (в основных ценах соответствующих лет) млрд рублей	49,52	166,18	302,51	346,57	563,97	805,97	874,83
10	ВРП на душу населения, тыс. рублей	20,37	72,12	133,51	148,43	241,95	345,57	374,98
11	Объем инвестиций в основной капитал, млрд рублей	8,26	38,87	85,65	125,83	182,33	264,66	294,17
12	Индекс производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий, в % к предыдущему году	129,3	103	100,1	72,9	104,7	100,9	102,8
13	Индекс производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий, % к предыдущему году	129,3	103	100,1	72,9	104,7	100,9	102,8
14	Инновационная активность организаций, %	20,1	14,2	8,6	8,6	9	11	11,7
15	Плотность автодорог общего пользования с твердым покрытием (км путей на 1000 км ² территории)	174	193	204	205	303	327	345

* при значительном количестве значащих цифр округление выполнено до второго знака после запятой

В рамках данного исследования обработка данных с помощью аппарата нейронных сетей предполагает прогнозирование не непосредственно значения целевого показателя на определенный момент времени, а его изменения по сравнению с предыдущим периодом. Изменение целевого показателя в следующем периоде рассматривается как некоторая функция от значений предикторов и, в частности, самого анализируемого показателя в текущий момент времени. Выбор типа результирующего показателя прогнозирования (изменение по сравнению с предыдущим периодом) связан с возможностью его использования для оценки равномерности или трудности достижения целевых показателей анализируемой стратегии социально-экономического развития региона.

Кроме того, важным обстоятельством, обусловившим выбор для прогнозирования изменений целевого показателя, а не его абсолютного значения, является высокая вариабельность изменений. Приемлемость полученных результатов в усложненных условиях позволяет предположить получение более точного прогноза при использовании абсолютных значений. Обучение нейронной сети для прогнозирования изменения целевого показателя в следующем периоде осуществлялось по данным ретроспективного периода с 2000 по 2017 год.

Дальнейшая работа происходит на основе сопоставления данных базового прогноза по «Стратегии-2035» и прогноза нейронной сети. В табл. 2 представлены данные базового прогноза до 2024 года. Более длительный период прогнозирования мы считаем невозможным при использовании исходных данных за 17 лет. Иначе говоря, использование нейронных сетей для прогнозирования параметров социально-экономического развития региона на период до 2035 года принципиально невозможно.

Таблица 2

Базовый прогноз индикаторов на период 2018-2024 годы [3]*

№	Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	Ожидаемая продолжительность жизни, лет	73,51	74,02	74,63	75,17	76,76	77,36	78
2	Младенческая смертность, случаев на 1000 родившихся живыми	4,7	4,6	4,5	4,45	4,4	4,35	4,3
3	Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, %	9,2	9,2	9,1	8,4	6,7	6,4	4,65
4	Среднедушевые денежные доходы, тыс. рублей	31,9	33,9	36,2	38,9	41,9	45,2	48,6
5	Реальные денежные доходы населения, % к предыдущему периоду	102,5	102,6	103,2	104,2	104,8	105,4	105
6	Уровень безработицы на полном рынке труда, %	4,4	4,4	4,3	4,3	4,3	4,3	4,2
7	Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на 1 жителя, м ²	29,7	30,2	30,7	31,2	31,7	32,2	32,7
8	Уровень преступности (количество зарегистрированных преступлений на 100 тыс. населения)	1292	1267	1246	1239	1227	1220	1211

№	Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
9	ВРП (в основных ценах соответствующих лет) млрд рублей	969,9	1046,1	1139,1	1280,4	1386,2	1499,3	1615,4
10	ВРП на душу населения, в текущих ценах, тыс. рублей	415,1	447,5	487,0	543,9	587,4	633,7	680,9
11	Объем инвестиций в основной капитал, млрд рублей	300,4	320,5	367,6	410,3	455,7	504,1	554,1
12	Индекс производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий, % к 2016 году	101,6	104,3	107,2	109,2	111,4	113,8	116,1
13	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %	6,3	6,5	7	7,4	8,2	8,8	9,4
14	Инновационная активность организаций, %	11,9	12,2	12,4	12,8	13	13,1	13,3
15	Плотность автодорог общего пользования с твердым покрытием (км путей на 1000 км ² территории)	320,3	320,7	321,3	321,7	322,1	322,5	323,3

* при значительном количестве значащих цифр использовано округление до второго знака после запятой

Показатели в табл. 1 и табл. 2 идентичны и взяты для сравнения прогноза, который построит нейронная сеть на базе исходных показателей (табл. 1) и прогноза, который опубликован в стратегии развития Воронежской области до 2035 года (табл. 2).

Необходимо обратить внимание, что в базовом прогнозе, составленном экспертами, изменения ВРП должны происходить весьма равномерно, минимальное значение прироста 39,5 млрд рублей, максимальное – 56,9 млрд рублей (табл. 2), что в принципе соответствует фактической динамике (исходные данные, табл. 1).

Для дальнейших расчетов нами построены вспомогательные таблицы, включающие дополнительные строки – изменение целевого показателя в исходных данных и базовом прогнозе. В данной статье вспомогательные таблицы не приводятся.

Для отбора предикторов, подаваемых на вход нейронной сети, при прогнозировании изменения целевого показателя, в работе средствами пакета Statistica 13, производится корреляционный анализ. Для дальнейшего исследования отбираются показатели с наиболее значимыми коэффициентами корреляции с результирующим показателем. В табл. 3 приведен фрагмент корреляционной матрицы.

Таблица 3

Фрагмент корреляционной матрицы для показателя изменения ВРП в основных ценах

№	Показатель	Коэффициенты корреляции между показателями и изменением ВРП в основных ценах
1	Изменение ВРП в основных ценах, млрд руб.	1,000000
2	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет	0,594121
3	Младенческая смертность, случаев на 1000 родившихся живыми	-0,583209
4	Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, %	-0,577845
5	Среднедушевые денежные доходы, тыс. рублей	0,512057
6	Реальные денежные доходы населения, % к предыдущему периоду	-0,052666
7	Уровень безработицы, %	-0,479918
8	Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на 1 жителя, м ²	0,569385
9	Уровень преступности (количество зарегистрированных преступлений на 100 тыс. населения)	-0,560862
10	ВРП (в основных ценах соответствующих лет) млрд рублей	0,497522
11	ВРП на душу населения, тыс. рублей	0,497754
12	Объем инвестиций в основной капитал, млрд рублей	0,538006
13	Индекс производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий, % к предыдущему году	-0,132160
14	Инновационная активность организаций, %	-0,577188
15	Плотность автодорог общего пользования с твердым покрытием (км путей на 1000 км ² территории)	0,429517

Полужирным шрифтом выделены показатели, которые будут использоваться в качестве предикторов (входов) для нейронной сети.

Заметим, что сами по себе коэффициенты корреляции в матрице представляют интерес для анализа социально-экономических процессов в регионе. «Негативные» показатели: младенческая смертность, доля населения с доходами ниже прожиточного минимума, уровень безработицы связаны с приростом ВРП обратной зависимостью, «положительные» показатели

(ожидаемая продолжительность жизни при рождении, среднедушевые денежные доходы населения, объем инвестиций в основной капитал) – прямой зависимостью. Объем ВРП также прямо связан с величиной его прироста, хотя коэффициент корреляции находится на предельном уровне значимости. Имеет место парадоксальный на первый взгляд результат – обратная связь между приростом ВРП и инновационной активностью организаций в регионе.

Приростные показатели, отражающие динамику производства и доходов (показатели 6 и 13 табл. 3), не связаны с динамикой ВРП. Данный факт представляет дополнительный аргумент в пользу отказа от использования индексов в составе индикаторов социально-экономического развития регионов страны.

Впрочем, речь идет не причинно-следственных, а только о линейных функциональных связях.

Далее мы переходим непосредственно к построению нейронной сети для прогноза. Для обучения использовались 200 сетей, затем из 5 лучших была выбрана одна (по совокупности показателей качества, вычисляемых в нейросетевом модуле пакета Statistica 13) для составления прогноза.

Разбиение выборки на подвыборки для обучения, тестирования и валидации, установлено соответственно, 75%, 15%, 10%.

В нашем исследовании использован стандартный подход к настройке параметров нейронных сетей, однако программа позволяет построить нейронные сети других видов, которые требуют более детальной настройки. Использованный способ наименее трудоемок, что является важным обстоятельством для выбора способов прогнозирования.

При построении 200 нейронных сетей варьировалось: количество нейронов в скрытом слое, тип активационных функций в скрытом и выходном слое, тип сети, метод обучения сети. Выбор лучшей из 5 сетей осуществлялся на основе анализа показателей «производительность модели на обучающем множестве», «производительность модели на тестовом множестве», «производительность модели на валидационном множестве» и ошибок модели. Показатели производительности представляют собой коэффициенты корреляции прогноза нейронной сети на соответствующем множестве и фактических данных за анализируемый период.

Результаты исследования

В табл. 4 представлены основные параметры построенной нейронной сети.

Таблица 4

Общая информация о нейронной сети

№ п.п	Характеристики сети	Показатели
1	Тип и структура нейронной сети (11 входных показателей, 18 нейронов на внутреннем слое, 1 выход)	MLP 11-18-1

№ п.п	Характеристики сети	Показатели
2	Производительность на обучающем множестве	0,85
3	Производительность на тестовом множестве	1,00
4	Производительность на валидационном множестве	1,00
5	Алгоритм обучения	BFGS 0
6	Активационные функции скрытого слоя	Logistic
7	Активационные функции выходного слоя	Logistic

Как видим из данных табл. 4, на входе и на выходе используется логистическая функция, производительность сети достаточно высокая.

На рис. 1 приведена гистограмма распределения ошибок прогноза изменения ВРП с помощью выбранной нейронной сети.

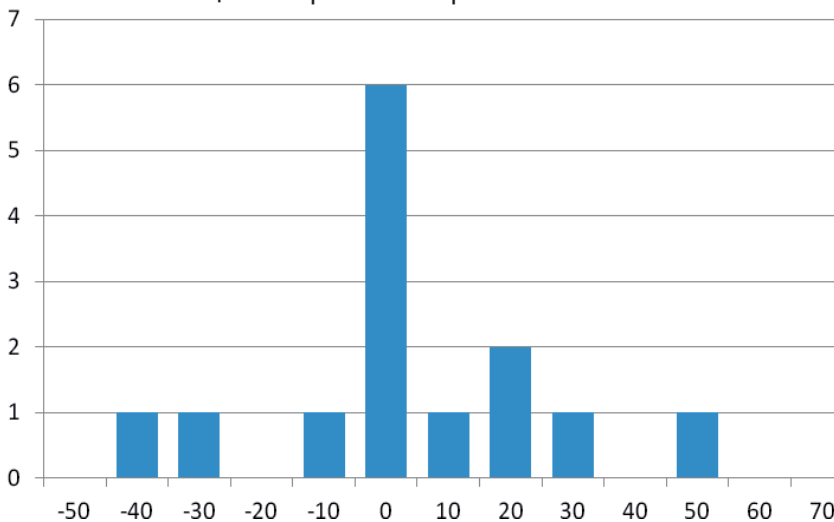


Рис. 1. Гистограмма распределения ошибок прогноза изменения ВРП

Данные, представленные на рис. 1, позволяют принять гипотезу о нормальном распределении ошибок прогноза.

В табл. 5 приведены данные, характеризующие чувствительность нейронной сети к предикторным переменным.

Таблица 5

Чувствительность нейронной сети к предикторным переменным*

№ п.п	Показатели	Чувствительность показателей по данным сети MLP 11-18-1
1	Объем инвестиций в основной капитал, млрд рублей	2,11
2	Уровень безработицы, %	1,96
3	Уровень преступности (количество зарегистрированных преступлений на 100 тыс. населения)	1,35
4	Среднедушевые денежные доходы, тыс. рублей	1,32

№ п.п	Показатели	Чувствительность показателей по данным сети MLP 11-18-1
5	ВРП (в основных ценах соответствующих лет), млрд рублей	1,26
6	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет	1,22
7	Младенческая смертность, случаев на 1000 родившихся живыми	1,20
8	Инновационная активность организаций, %	1,17
9	ВРП на душу населения, тыс. рублей	1,15
10	Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на 1 жителя, м ²	1,09
11	Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, %	1,02

* округление до сотых долей

Данные табл. 5 свидетельствуют, что все значения больше 1, что говорит о высокой значимости каждого показателя. Показатели чувствительности различаются незначительно.

Сопоставление результатов расчетов, выполненных нейронной сетью и фактических изменений ВРП за период с 2000 по 2017 г., позволяет сделать следующие выводы: отклонение прогнозных данных от фактических происходит симметрично как в сторону занижения, так и в сторону завышения; в начальный период, однородный с экономической точки зрения (длительный период экономического роста), нейронная сеть предполагала одинаковый прирост ВРП, а фактически происходило возрастание прироста, особенно заметное в 2007 году (перегрев экономики в России).

Заключительное действие – прогноз на период до 2024 г. прироста ВРП с использованием нейронной сети. Прогноз осуществлен на 7 лет.

Для представления данных прогноза в табличном виде значениям показателя базового прогноза нейронной сети принята следующая нумерация: 1. Изменение ВРП в основных ценах. 2. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет. 3. Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, %. 4. Среднедушевые денежные доходы, тыс. рублей. 5. Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на 1 жителя, м². 6. Уровень преступности (количество зарегистрированных преступлений на 100 тыс. населения). 7. ВРП в основных ценах соответствующих лет, млрд рублей. 8. ВРП на душу населения, тыс. рублей. 9. Объем инвестиций в основной капитал, млрд рублей.

В табл. 6 представлены данные базового прогноза (по «Стратегии-2035») показателей социально-экономического развития Воронежской области, коррелирующих с приростом ВРП.

Таблица 6

Значения показателей, представленные в базовом прогнозе [3]*

Год	Номера и значения показателей								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2018	76,4	73,5	9,2	31,9	29,7	1292,0	969,9	415,1	300,4
2019	78,2	74,0	9,2	33,9	30,2	1267,0	1046,1	447,5	320,5
2020	80,3	74,6	9,1	36,2	30,7	1246,0	1139,1	487,0	367,6
2021	81,0	75,2	8,4	38,9	31,2	1239,0	1280,4	543,9	410,3
2022	82,7	76,8	6,7	41,9	31,7	1227,0	1386,2	587,4	455,7
2023	83,2	77,4	6,4	45,2	32,2	1220,0	1499,3	633,7	504,1
2024	83,7	78,0	4,6	48,6	32,7	1211,0	1615,4	680,9	554,1

* округление до одного знака после запятой

Результаты прогноза нейронной сети и базового прогноза сопоставлены в табл. 7.

Таблица 7

Сводная таблица динамики ВРП по базовому прогнозу и прогнозу нейронной сети на период до 2024 года

Год	Изменение ВРП в основных ценах, млрд руб. (прогноз нейронной сети)	ВРП (в основных ценах соответствующих лет) млрд рублей в соответствии с прогнозом нейронной сети	ВРП по базовому прогнозу «Стратегии-2035»	Разница (графа 2 минус графа 4)
1	2	3	4	5
2016	33,45	841,38	-	-
2017	95,07	874,83	-	-
2018	76,39	969,90	969,90	0,00
2019	78,17	1046,29	1046,10	0,19
2020	80,34	1124,46	1139,10	-14,64
2021	80,99	1204,80	1280,40	-75,60
2022	82,69	1285,78	1386,20	-100,42
2023	83,24	1368,47	1499,30	-130,83
2024	83,70	1451,71	1615,40	-163,69

Спрогнозировано плавное увеличение прироста ВРП, что в целом не соответствует фактической динамике за ретроспективный период, но представляется с учетом длительного периода целевого развития экономической конъюнктуры вполне вероятным на период до 2024 года.

Эксперты были более оптимистичны, чем нейронная сеть. В результате данные прогноза нейронной сети на 2024 год на 163 миллиарда рублей

ниже, чем в прогнозе экспертов. Впрочем, есть известное оправдание оптимизму экспертов – на ближайшие годы (до 2020 года прогнозы величины ВРП, выполненные компьютерной программой и экспертами, практически не отличаются). Далее могли «сработать» жизненный опыт и внутренние установки экспертов – застой не должен продолжаться столь длительный период времени. А лишенная эмоций программа спрогнозировала пессимистичный, но очень спокойный вариант динамики ВРП региона. К сожалению, официальная статистика сильно отстает с расчетами ВРП, поэтому не представляется возможным сопоставить результаты базового прогноза и прогноза нейросети даже по состоянию на 2017 год.

Заключение

Использование нейросетевого метода прогнозирования различных параметров социально-экономических подсистем регионов в современных условиях становится возможным в процессе формирования достаточно обширного массива статистических данных. Это теоретически позволяет осуществить прогноз на 5-6 лет, что является вполне приемлемым результатом.

В процессе анализа исходных данных возможно получить результаты, характеризующие функциональные зависимости между различными параметрами региональных социально-экономических систем, часть которых вполне объяснима с позиций логики экономических процессов, некоторые связи неочевидны и требуют дальнейшего теоретического анализа.

Значительные ошибки прогноза нейронных сетей по отношению к фактическим результатам экономической деятельности региона затрудняют его использование. Для улучшения качества прогнозирования требуется увеличение объема обучающей выборки.

Сопоставление прогнозов, полученных экспертным методом и прогнозом нейросетей демонстрирует схожесть результатов на ближайшие два – три года и их расхождение в последующем периоде.

Применительно к ВРП прогноз нейросетей является более «осторожным» по сравнению с прогнозом экспертов, причем нельзя априори отдать предпочтение ни одному из методов. В связи с этим можно считать оправданным использование метода прогнозирования с использованием стандартных нейронных сетей в качестве вспомогательного инструмента для формирования прогноза на долгосрочный период, но не выходящий за пределы, принятые для использования большинства экономико-статистических методов.

Список источников

1. Букреев А.М., Рисин И.Е., Трещевский Ю.И. О новой стратегии социально-экономического развития Воронежской области // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление*, 2017, no. 2, с. 63-70.
2. Букреев А.М., Рисин И.Е., Трещевский Ю.И. Стратегия социально-экономического развития Воронежской области на период до 2035 года: особенности разработки, базовые компоненты // *Регион: системы, экономика, управление*, 2017, no. 4 (39), с. 10-19.
3. Закон Воронежской области от 20.12.2018 № 168-ОЗ «О Стратегии

- социально-экономического развития Воронежской области на период до 2035 года» (принят Воронежской областной Думой 17.12.2018). КонсультантПлюс. Доступно: www.consultant.ru (дата обращения: 12.11.2019).
4. Майорова В.В., Никитина Л.М., Трещевский Ю.И. Динамика факторов и результатов производства в реальном секторе экономики: мезоэкономический анализ // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление*, 2014, no. 4, с. 127-134.
 5. Майорова В.В., Никитина Л.М., Трещевский Ю.И. Экономическая динамика регионов и факторов производства: сравнительный анализ // *Регион: системы, экономика, управление*, 2014, no. 4 (27), с. 19-25.
 6. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2002: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2002.
 7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2003: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2003.
 8. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2004: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2004.
 9. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2005: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2005.
 10. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2006: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2006.
 11. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2007: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2007.
 12. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2008: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2008.
 13. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2009.
 14. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2010: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2010.
 15. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2011: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2011.
 16. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2012.
 17. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2013: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2013.
 18. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2014: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2014.
 19. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2015.
 20. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2016: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2016.
 21. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2017.
 22. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: Стат. сб. // *Росстат*. Москва, 2018.
 23. Рисин И.Е., Трещевский Ю.И. Ключевые сферы и задачи стратегического управления социально-экономическим развитием регионов // *Регион: системы, экономика, управление*, 2016, no. 4 (35), с. 17-22.
 24. Рисин И.Е., Трещевский Ю.И., Петрыкина И.Н. Стратегический анализ региона (на примере Воронежской области) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление*, 2016, no. 3, с. 54-64.
 25. Седыкин С.В. *Кризисные процессы и антикризисное управление в регионах России: опыт теоретического и эмпирического анализа*: монография. Воронеж, ИПЦ Научная книга, 2014.
 26. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 № 172-ФЗ (последняя редакция). Доступно: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/ (дата обращения: 12.11.2019).
 27. Bitarova M.A., Getmantsev K.V., Ilysova E.V., Krylova E.M., Treshchevsky Yu.I. Factors of Socio-Economic Development of Rural Regions in the Area of Influence of City Agglomerations // *The Future of the Global Financial System: Downfall or Harmony Lecture Notes in Networks and Systems*. Volume 57, Springer Nature Switzerland AG. Cham, Switzerland, 2018, pp. 183-194.
 28. Endovitskaya E.V., Risin I.E., Treshchevsky Y. I. Strategic Goals of Socio-

Economic Development of Regions in the Conditions of Economic and Financial Limitations // *The Future of the Global Financial System: Downfall or Harmony Lecture Notes in Networks and Systems*. Volume 57, Springer Nature Switzerland AG. Cham, Switzerland, 2018, pp. 229-235.

29. Lanskaya D.V., Treschevsky Y.I., Getmantsev K.V., Myasnikova T.A. Strategizing as a Tool of Information and Analytical Provision and a Technology of Regional Development Management // *The Future of the Global Financial System: Downfall or Harmony Lecture Notes in Networks and Systems*. Volume 57, Springer Nature Switzerland AG. Cham, Switzerland, 2018, pp. 348-356.

30. Radyukova Y., Sutyagin V., Treschevsky Y.I., Artemenko D. The Problems of Financial Security of Modern Russia // *International Business Information Management Conference (32nd IBIMA) – Vision 2020: Sustainable Economic Development and*

Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth. Editor Khalid S. Soliman. Seville, Spain 15-16 November, 2018, pp. 2877-2888.

31. Treshchevskiy Y., Papin S., Penina E. Structural changes of the consumer market of Russia: from post crisis development to the sanctions period // *Proceedings of the International Scientific Conference "Competitive, Sustainable and Secure Development of the Regional Economy: Response to Global Challenges" (CSSDRE 2018)*». Atlantis Press. Series: Advances in Economics, Business and Management Research, vol. 39, pp. 449-452.

32. Treshchevsky Y.I., Voronin V.P., Tabachnikova M.B., Franovskaya G. N. Economic and Statistical Analysis in Evaluating the Perspectives of Structural Changes of Regions' Economy // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing AG; Cham, Switzerland, 2018, pp. 521-529.

PREDICTION OF PARAMETERS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE REGION USING STANDARD NEURAL NETWORKS (ON THE EXAMPLE OF GRP OF THE VORONEZH REGION)

Azarnova Tatyana Vasilyevna, Dr. Sc. (Tech.), Prof.

Treshchevsky Yuri Igorevich, Dr. Sc. (Econ.), Prof.

Papin Sergey Nikolaevich, student

Voronezh State University, University sq., 1, Voronezh, Russia, 394018; e-mail: ivdas92@mail.ru; utreshhevski@yandex.ru; serezhza-papin@mail.ru

Purpose: study of possibilities of application of neural networks apparatus for prediction of parameters of regional socio-economic systems in the process of formation of strategies of administrative-territorial entities of Russia. *Discussion:* the use of mathematical methods to predict the socio-economic development of regions is widely discussed in the scientific literature. In practice, however, their application is very limited due to the high complexity and labour intensity of forming models aimed at a specific task. The replication of such systems, which allowed the use of a mathematical apparatus ready for use, was difficult because of the specificity of each administrative and territorial entity. The dissemination of these methods, including neural networks, can be of practical importance when using standard computer program packages. *Results:* the article demonstrates the possibilities and limitations of forecasting indicators of social and economic development of the regions for the period up to 2024 on the example of GRP of the Voronezh region. It has been established that the forecast of the neural network, formed on the basis of its training for the retrospective period, can be considered adequate to the real economic processes in the region. Private forecast errors occur, but the general conclusion about the possibility of using neural networks in the tasks of predicting the dynamics of social and economic development indicators of the region is positive. For GRP, the forecast of neural networks is more "cautious" than that of experts, and neither method can be preferred a priori. In this connection, the use of a prediction method using a neural network apparatus as an auxiliary tool for generating a long-term prediction within the limits adopted for the use of most economic-statistical methods (1/3 of the period for which the original data are generated) can be considered justified.

Keywords: socio-economic system, region, prediction, neural networks.

References

1. Bukreev A.M., Risin I.E., Treshchevskij Yu.I. O novoj strategii soci-al'no-ekonomicheskogo razvitiya Voronezhskoj oblasti [On the New Strategy of Social and Economic Development of the Voronezh Region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie*, 2017, no. 2, pp. 63-70. (In Russ.)
2. Bukreev A.M., Risin I.E., Treshchevskij Yu.I. Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya Voronezhskoj oblasti na period do 2035 goda: osobennosti razrabotki, bazovye komponenty [Strategy of social and economic development of Voronezh region for the period up to 2035: peculiarities of development, basic components]. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie*, 2017, no. 4 (39), pp. 10-19. (In Russ.)
3. Zakon Voronezhskoj oblasti ot 20.12.2018 no. 168-OZ «O Strategii social'no-ekonomicheskogo razvitiya Voronezhskoj oblasti na period do 2035 goda» (prinyat Voronezhskoj oblastnoj Dumoj 17.12.2018). [Law of the Voronezh region of 20.12.2018 no. 168-O3 «On the Strategy of Social and Economic Development of the Voronezh Region for the Period up to 2035»]. Konsul'tantPlyus. Available at: www.consultant.ru (assessed: 12.11.2019). (In Russ.)
4. Majorova V.V., Nikitina L.M., Treshchevskij Yu.I. Dinamika faktorov i rezul'tatov proizvodstva v real'nom sektore ekonomiki: mezoekonomicheskij analiz [Mayorova V. V., Nikitina L.M., Treshchevskij Yu.I. Dynamics of factors and results of production in the real sector of the economy: mesoeconomic analysis]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie*, 2014, no. 4, pp. 127-134. (In Russ.)
5. Majorova V.V., Nikitina L.M., Treshchevskij Yu.I. Ekonomicheskaya dinamika regionov i faktorov proizvodstva: sravnitel'nyj analiz [Economic dynamics of regions and factors of production: comparative analysis]. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie*. 2014, no. 4 (27), pp. 19-25. (In Russ.)
6. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2002 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2002: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2002. (In Russ.)
7. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2003 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2003: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2003. (In Russ.)
8. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2004 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2004: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2004. (In Russ.)
9. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2005 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2005: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2005. (In Russ.)
10. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2006 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2006: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2006. (In Russ.)
11. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2007 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2007: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2007. (In Russ.)
12. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2008 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2008: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2008. (In Russ.)
13. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2009 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2009: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2009. (In Russ.)
14. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2010 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2010: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2010. (In Russ.)
15. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2011 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2011: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2011. (In Russ.)
16. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2012 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2012: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2012. (In Russ.)

17. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2013 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2013: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2013. (In Russ.)
18. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2014 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2014: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2014. (In Russ.)
19. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2015 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2015: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2015. (In Russ.)
20. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2016 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2016: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2016. (In Russ.)
21. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2017 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2017: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2017. (In Russ.)
22. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2018 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2018: To become]. St. *Rosstat*. Moscow, 2018. (In Russ.)
23. Risin I.E., Treshchevskij Yu.I. Klyuchevye sfery i zadachi strategicheskogo upravleniya social'no-ekonomicheskimi razvitiem regionov [Key areas and tasks of strategic management of social and economic development of regions]. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie*, 2016, no. 4 (35), pp. 17-22. (in Russ.)
24. Risin I.E., Treshchevskij Yu.I., Petrykina I.N. Strategicheskij analiz regiona (na primere Voronezhskoj oblasti) [Strategic analysis of the region (on the example of the Voronezh region)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie*, 2016, no. 3, pp. 54-64. (in Russ.)
25. Sedykin S.V. *Krizisnye processy i antikrizisnoe upravlenie v regionah Rossii: opyt teoreticheskogo i empiricheskogo analiza*: monografiya [Crisis processes and anti-crisis management in regions of Russia: experience of theoretical and empirical analysis]. Voronezh, IPC Nauchnaya kniga, 2014. (In Russ.)
26. Federal'nyj zakon «O strategicheskoy planirovani v Rossijskoj Federacii» ot 28.06.2014 № 172-FZ (poslednyaya redakciya). [Federal Law «On Strategic Planning in the Russian Federation»]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/ (assessed: 12.11.2019). (In Russ.)
27. Bitarova M.A., Getmantsev K.V., Ilyasova E.V., Krylova E.M., Treshchevskiy Yu.I. Factors of Socio-Economic Development of Rural Regions in the Area of Influence of City Agglomerations. *The Future of the Global Financial System: Downfall or Harmony Lecture Notes in Networks and Systems*. Volume 57, Springer Nature Switzerland AG. Cham, Switzerland. 2018, River, pp. 183-194.
28. Endovitskaya E.V., Risin I.E., Treshchevskiy Yu.I. Strategic Goals of Socio-Economic Development of Regions in the Conditions of Economic and Financial Limitations. *The Future of the Global Financial System: Downfall or Harmony Lecture Notes in Networks and Systems*. Volume 57, Springer Nature Switzerland AG. Cham, Switzerland, 2018, pp. 229-235.
29. Lanskaya D.V., Treshchevskiy Yu.I., Getmantsev K.V., Myasnikova T.A. Strategizing as a Tool of Information and Analytical Provision and a Technology of Regional Development Management. *The Future of the Global Financial System: Downfall or Harmony Lecture Notes in Networks and Systems*. Volume 57, Springer Nature Switzerland AG. Cham, Switzerland, 2018, pp. 348-356.
30. Radyukova Y., Sutyagin V., Treshchevskiy Yu.I., Artemenko D. The Problems of Financial Security of Modern Russia. *International Business Information Management Conference (32nd IBIMA) – Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth*. Editor Khalid S. Soliman. Seville, Spain, 15-16 November, 2018, pp. 2877-2888.
31. Treshchevskiy Yu., Papin S., Penina E. Structural changes of the consumer market of Russia: from post crisis development to the sanctions period. *Proceedings of the International Scientific Conference «Competitive, Sustainable and Secure*

Development of the Regional Economy: Response to Global Challenges» (CSSDRE 2018)». Atlantis Press. Series: Advances in Economics, Business and Management Research, volume 39, pp. 449-452.

32. Treshchevsky Y.I., Voronin V.P.,

Tabachnikova M.B., Franovskaya G.N. Economic and Statistical Analysis in Evaluating the Perspectives of Structural Changes of Regions' Economy. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing AG; Cham, Switzerland, 2018, pp. 521-529.