

скую метрику. Сама методика была оформлена в виде программной процедуры в среде MSeXcel.

С полученным сводным индексом построена модель регрессии вида:

$$f(k) = 2.026 \cdot k^{0.373} \cdot i^{0.106}, R^2=0.58$$

Отметим, что, согласно значению коэффициента детерминации, построенная производственно-интеллектуальная модель для российских регионов определяет 58% вариации исследуемого временного ряда.

Литература

1. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Руденко В.А. Некоторые вопросы спецификации трехфакторных моделей производственного потенциала компании, учитывающих интеллектуальный капитал// Прикладная экономика № 3 (27), 2012г – 36 с.
2. Ермолаев М.Б., Иванова В.Ю. Оценка интеллектуального капитала регионов на основе метода идеальной точки// Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение №4 (36), 2013г -128 с.
3. Колемаев В.А. Экономико – математическое моделирование. - М: Юнити, 2005.-292 с.
4. Лукичева Л.И., Интеллектуальная собственность (ИС) как инструмент управления финансовыми ресурсами наукоемких производств. - М.: МИЭТ, 2000.- 556 с.
5. Панкрухин А. Структура интеллектуального капитала России // Государственная служба. №1. 2004. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stra.teg.ru/lenta/innovation/1439/print>
6. Стюарт Т. Интеллектуальный капитал. Новый источник богатства организации. Новая постиндустриальная волна на Западе: Антология.- М.: Academia, 1999. -497 с.
7. Росстат. Регионы России. Социально-экономические показатели. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru/bgd/regl/b1014p/Main.htm>
8. Российский инновационный индекс / Под ред. Л.М. Гохберга. — М.: Высшая школа экономики, 2011. — 311 с. ISBN 978-5-7218-1184-5

УДК 338.24

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ, КАК ИНСТРУМЕНТ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Кашинцев Николай Павлович (nkashintsev@mail.ru)

ФГБУН «Институт социально-экономического развития территорий РАН»

Селименков Роман Юрьевич

НОУ ВПО «Вологодский институт бизнеса»

Статья посвящена актуальным вопросам моделирования регионального развития на средне- и долгосрочную перспективу. Описан алгоритм моделирования социально-экономических индикаторов развития Вологодской области при помощи нейронных сетей. На основе данных государственной статистики за 2008-2013 гг. представлены прогнозные расчеты на период до 2020 года. Проведена верификация нейросетевой модели на основе классических статистических и эконометрических методах. Выдвинуто предположение по использованию нейронных сетей в процессе стратегирования.

Ключевые слова: стратегическое управление, экономико-математическое моделирование, нейронные сети, социально-экономическое развитие, верификация.

Динамично меняющаяся внешняя среда и ускорение процессов модернизации отраслевой структуры регионального хозяйства повышают требования к научной обоснованности и корректности методов прогнозирования социально-экономического развития в системе стратегического управления регионом.

В стратегическом управлении среди методов прогнозирования развития регионов широко используется программно-целевой метод. Важную роль в обеспечении пропорциональности, сбалансированности региональной экономики играет балансовый метод, основанный на системе территориальных балансов. Находят применение также методы экспертных оценок, экстраполяции, эконометрического моделирования. Довольно часто используется нормативный метод, основанный на системе экономиче-

ских и социальных норм и нормативов. Однако в решении задач регионального прогнозирования и моделирования еще слабо используются научно-технические достижения, созданные развитием информационных технологий и основанные на применении искусственных нейронных сетей (ИНС).

Нейросетевые технологии позволяют решать плохо формализуемые задачи управления сложными динамическими объектами в тех нередких случаях, когда априорные «жесткие» модели и алгоритмы не адекватны реальному состоянию управляемого процесса. Нейронные сети позволяют установить зависимости между интересующими показателями (входными и выходными) без явного указания вида этих зависимостей. В этом смысле нейронные сети рассматриваются как универсальное средство

многофункциональной аппроксимации. Потенциальные приложения искусственных нейронных сетей просматриваются в тех задачах, когда в силу неопределенности, например из-за недостатка информации, традиционные решения не эффективны, а обычные вычисления непомерно трудоемки или же не адекватны решаемой задаче.

Нейронные сети дают наилучшие результаты по сравнению с другими методами именно тогда, когда связи в системе трудно прослеживаются и не поддаются анализу, число их огромно, «правила игры» указать практически невозможно, а входные данные зашумлены и противоречивы. Кроме того, нейрокомпьютеры достаточно просты для использования рядовыми пользователями (Степанова 2004: 27).

На основе изучения основных стратегических документов развития отраслей федерального и регионального уровня была сформирована система показателей, всесторонне характеризующая текущее состояние отраслей народного хозяйства. При этом порядок отбора показателей предусматривал необходимость выделения минимального числа значимых параметров, характеризующих основные стороны социально-экономической жизни региона, и на этой системе проверки различных вариантов дальнейшего развития.

Таким образом, база данных по основным видам экономической деятельности содержит следующий перечень основных индикаторов, которые можно разделить на информационные блоки (табл. 1).

Таблица 1

Информационно-аналитическая система экономических показателей

№	Блок	Показатели
1	Промышленность	Объем отгруженных товаров в добыче полезных ископаемых, млн. руб.
		Объем отгруженных товаров в обрабатывающих производствах, млн. руб.
		Объем отгруженных товаров в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды, млн. руб.
2	Сельское и лесное хозяйство	Объем производства сельского хозяйства, млн. руб.
		Объем древесины не обработанной, тысяч плотных куб. м.
3	Строительство	Объем работ, выполненных в строительстве, млн. руб.
		Ввод в действие жилых домов, тыс. кв. м
4	Потребительский рынок товаров и услуг	Оборот розничной торговли, млн. руб.
		Оборот общественного питания, млн. руб.
		Объем платных услуг населению, млн. руб.
		Оборот оптовой торговли, млн. руб.
5	Рынок труда	Потребность организаций в работниках, заявленная в службы занятости, тыс. чел.
		Общая численность безработных, тыс. чел.
6	Социальная сфера	Среднедушевые денежные доходы населения, руб.
		Номинальная среднемесячная заработная плата, руб.
		Величина кредитных вложений, млн. руб.
		Инвестиции в основной капитал организаций области, млн. руб.
7	Внешнеэкономическая деятельность	Объем экспорта товаров, млн. долл.
		Объем импорта товаров, млн. долл.
8	Управляющие показатели	Курс доллара США, руб. за доллар
		Ставка рефинансирования ЦБ РФ, %
		Цена на нефть на мировом рынке, долл. США за баррель
		Цена на природный газ на мировом рынке, долл. США за млн. MBTU
		Цена на древесную массу на мировом рынке, долл. США за тонну
		Цена на фосфорные удобрения на мировом рынке, долл. США за тонну

В целом, информационная база составлена в соответствии с основным требованием к информационной системе макроэкономического прогнозирования – это необходимость охвата и отражения всех отраслей хозяйства территории по минимальному кругу сводных показателей, и описания структуры хозяйственного, социального и финансового комплексов региона. Ин-

формационная база составлена за период с января 2005 г. по декабрь 2013 г. и имеют дискретность 1 месяц.

Алгоритм прогнозных расчетов состоял из следующих этапов:

1. Анализ показателей по искомому данным;
2. Исследование спектрального анализа Фурье;

3. Настройка нейронной сети и проведение кросс-проверки;

4. Выбор сети с наилучшей производительностью;

5. Прогнозирование показателей на период до 2020 года;

6. Анализ и верификация полученных данных.

В таблице 2 представлена архитектура ИНС с наилучшей производительностью для прогнозирования показателей на период до 2020 года.

Оптимальная совокупность показателей качества ИНС достигается с архитектурой вида MLP 84-145-20 (многослойный перцептрон с дополнительными слоями А - элементов, расположенными между S и R элементами) с активационной функцией гиперболический тангенс нейронов на скрытом слое и логистической на выходном слое. Данная архитектура описывает сеть в виде трехслойного перцептрона с числом нейронов в слоях 84, 145 и 20 соответственно.

Таблица 2

Нейронная сеть с наилучшими показателями производительности

Net. name	Training perf.	Test perf.	Training error.	Test error.	Training algorithm	Error function	Hidden activation	Output activation
MLP 84-145-20	0,9510	0,8562	0,0147	0,0432	BFGS	SOS	Tanh	Logistic

В рассматриваемой задаче использовалось 26 переменных, 6 из которых являлись управляющими. Для обучения нейронной сети MLP 84-145-20 использовался квазиньютоновский алгоритм (Broyden, Shanno 1970). Этот метод может использоваться для большинства сетей с малым числом весов и является весьма популярным методом нелинейной оптимизации, поскольку имеет быструю сходимость. Квазиньютоновский метод предполагает исследование изменения градиента функции ошибок по всем наблюдениям и подстройку весов нейронов после каждой эпохи обучения ИНС. В основе квазиньютоновского алгоритма лежит допущение о том, что по квадратичной (имеющей параболическую форму) поверхности ошибок возможно движение напрямую к минимуму функции ошибок. Шаг движения вычисляется с использованием матрицы Гессе (матрицы вторых частных производных поверхности ошибок), которая в явном виде не формируется, а заменяется некоторым приближением. В области минимума любая функция ошибок имеет похожую (с допустимой погрешностью) на квадратичную форму.

Поскольку вычисление матрицы Гессе – достаточно трудоемкий процесс, величины шага для функции непараболического вида окажутся заведомо неправильными. Квазиньютоновский метод формирует итерационное приближение к обратной матрице Гессе. В отдалении от минимума функции аппроксимация идет по пути наискорейшего спуска, в области близкой к минимуму функции используется более точный способ – через определитель Гессе. Однако стоит отметить, что квазиньютоновский метод может застревать в локальных минимумах, это его основной недостаток (Романовский 2014: 93).

Для вычисления начального направления спуска используется равенство $s_k = -g_k$, где s_k – направление спуска на шаге k ; g_k – градиент функции оценки в начальной точке шага k .

На последующих итерациях направление спуска вычисляется по формуле BFGS (Broyden, Fletcher, Goldfarb, Shanno):

$$s_{k+1} = \frac{-g_{k+1} + [(s_k, g_{k+1})y_k + (y_k, g_{k+1})s_k]}{(y_k, s_k)} - \frac{h_k s_k (s_k, g_{k+1})}{(y_k, s_k)} - \frac{s_k (y_k, y_k) (s_k, g_{k+1})}{(y_k, s_k)}, \quad (1)$$

где $y_k = g_k - g_{k+1}$ – изменение градиента в результате итерации k ; в скобках скалярное произведение векторов.

Если применять этот алгоритм для функции, описывающей параболическую поверхность ошибок, то за число шагов, равное числу весов, будет достигнута сходимость к верному обратному определителю Гессе. Однако чтобы избежать расходимости в результате накопления ошибок вычислений, рекомендуется периодически возвращаться к наискорейшему спуску.

В качестве функции активации для нейронов скрытого слоя использовался гиперболический тангенс, имеет вид

$$f(x) = \frac{e^{ax} - e^{-bx}}{e^{cx} - e^{-dx}}.$$

Ее особенность в том, что она может: возвращать отрицательные значения результата; усиливает сильные сигналы существенно меньше, чем слабые, поскольку области сильных сигналов соответствуют пологим участкам функции, то есть позволяет предотвратить насыщение от больших сигналов.

Логистическая (сигмоидная) функция используется в качестве функции активации для

нейронов выходного слоя, имеет вид

$$f(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})}$$

Логистическая активационная функция также достаточно популярна при построении многослойных перцептронов и других сетей с непрерывными сигналами. В ИНС логистическая функция обладает рядом важных преимуществ: функция гладкая, непрерывная и способна достигать насыщения. Благодаря непрерывной первой производной, ИНС, использует логистическую функцию активации и может быть обучена градиентными методами. А легкость выражения значения первой производной через саму функ-

цию позволяет производить обучение достаточно быстро. Логистическая функция сжимающаяся, с чем связана способность нейрона работать с широким диапазоном входящих сигналов без насыщения.

В Statistica 10.0 имеется аппаратная реализация описанных выше алгоритмов, поэтому расчет был произведен в ее статистическом пакете Neural Networks. Прогнозные расчеты проводились исходя из условий базового, пессимистического и оптимистического сценария развития Вологодской области на период до 2020 года (табл. 3).

Таблица 3

Значения управляющих переменных в разрезе сценариев социально-экономического развития Вологодской области до 2020 года

Управляющая переменная	Пессимистический	Базовый	Оптимистический
Ставка рефинансирования, %	8,5	8,5	8,5
Курс доллара США, руб. / долл.	43	35	28
Цена на нефть на мировом рынке, долл. США за баррель*	80	105	120
Цена на природный газ на мировом рынке, долл. США за млн. МВТУ*	304	361	410
Цена на древесную массу на мировом рынке, долл. США за тонну	770	870	950
Цена на фосфорные удобрения на мировом рынке, долл. США за тонну	250	400	600

* - Цены на нефть и газ определялись исходя из данных Минэкономразвития РФ, указаны в прогнозе социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года

Базовый сценарий предполагает снижение конкурентоспособности отраслевых производств в связи с усилением глобализации и интеграционных процессов. При этом государство обеспечивает стабильность бюджетной системы и поддерживает инфляцию на уровне 8-10%. В то же время продолжают осуществляться масштабные национальные и региональные проекты, но разработка и реализация новых не предполагается. Среднегодовые колебания курса доллара остаются на уровне 35 рублей. Ставка рефинансирования до 2020 года зафиксирована на уровне 8,25%. Таким образом, базовый сценарий носит инерционный характер (экстраполяции темпов; табл. 4).

Как показывают результаты расчетов в рамках данного сценария развития региона, физический объем производства продукции увеличится по сравнению с 2013 годом на 6-16%. Рост оборота розничной и оптовой торговли составит 6% и 12,3% соответственно. Значительно вырастет объем платных услуг (118,4%)

и оборот общественного питания (125,2%). Объем ввода в действие жилых домов увеличится почти в 2 раза, что обусловлено применением эффективных программ стимулирования спроса. Общая численность безработных и величина кредитных вложений к 2020 году снизится на 14,6% и 25,4% соответственно.

Оптимистический сценарий предполагает существенный рост конкурентоспособности отраслевых производств в связи с ослаблением глобализации и интеграционных процессов. При этом уровень инфляции составляет 5-7%. В то же время продолжают осуществляться инициированные ранее масштабные национальные и региональные проекты, разрабатываются новые. Среднегодовые колебания курса доллара на уровне 28 рублей. Ставка рефинансирования до 2020 года зафиксирована на уровне 8,25%. На мировых рынках растут цены на экспортируемые из России товары (табл. 5).

Таблица 4

**Темпы роста (снижения) значений показателей социально-экономического развития
Вологодской области по базовому сценарию, в % к 2013 году**

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6	7	8
ИФО объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по добыче полезных ископаемых	102,4	104,8	107,2	109,5	111,9	114,3	116,7
ИФО объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг обрабатывающих производств	101,5	103,0	104,5	106,0	107,5	109,0	110,5
ИФО объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по производству и распределению электроэнергии газа и воды	100,9	101,8	102,6	103,5	104,4	105,3	106,2
ИФО объема производства предприятий сельского хозяйства	102,3	104,7	107,0	109,3	111,6	114,0	116,3
ИФО объема древесины необработанной	101,7	103,5	105,2	106,9	108,6	110,4	112,1
ИФО объема работ, выполненных по виду деятельности «строительство»	101,5	103,1	104,6	106,2	107,7	109,2	110,8
ИФО по вводу в действие жилых домов	112,8	125,6	138,4	151,2	164,1	176,9	189,7
ИФО объема платных услуг населению	102,6	105,3	107,9	110,5	113,1	115,8	118,4
ИФО оборота розничной торговли	100,9	101,7	102,6	103,4	104,3	105,2	106,0
ИФО оборота общественного питания	103,6	107,2	110,8	114,4	118,0	121,6	125,2
ИФО оборота оптовой торговли	101,8	103,5	105,3	107,0	108,8	110,6	112,3
Общая численность безработных*	97,9	95,8	93,8	91,7	89,6	87,5	85,4
Потребность организаций в работниках, заявленная в службы занятости*	102,0	103,9	105,9	107,9	109,9	111,8	113,8
Номинальные денежные доходы*	102,2	104,4	106,7	108,9	111,1	113,3	115,5
Среднедушевые денежные доходы*	103,6	107,1	110,7	114,3	117,9	121,4	125,0
ИФО кредитов, предоставленных организациям, банкам и физическим лицам	96,4	92,7	89,1	85,5	81,8	78,2	74,6
ИФО доходов консолидированного бюджета	100,8	101,7	102,5	103,4	104,2	105,1	105,9
ИФО объема инвестиций в основной капитал	106,0	112,0	118,0	124,0	130,1	136,1	142,1
ИФО объема экспорта	100,9	101,7	102,6	103,4	104,3	105,2	106,0
ИФО объема импорта	101,6	103,2	104,8	106,4	108,0	109,6	111,3

* - Темп роста (снижения) показателя в среднем за год

Таблица 5

**Темпы роста (снижения) значений показателей социально-экономического развития
Вологодской области по оптимистическому сценарию, в % к 2013 году**

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6	7	8
ИФО объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по добыче полезных ископаемых	103,5	107,1	110,6	114,1	117,6	121,2	124,7
ИФО объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг обрабатывающих производств	102,8	105,6	108,4	111,2	114,0	116,9	119,7
ИФО объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по производству и распределению электроэнергии газа и воды	101,3	102,5	103,8	105,0	106,3	107,5	108,8
ИФО объема производства предприятий сельского хозяйства	102,9	105,9	108,8	111,7	114,7	117,6	120,5

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
ИФО объема древесины необработанной	102,4	104,9	107,3	109,7	112,1	114,6	117,0
ИФО объема работ, выполненных по виду деятельности «строительство»	102,1	104,3	106,4	108,5	110,7	112,8	114,9
ИФО по вводу в действие жилых домов	115,7	131,4	147,1	162,8	178,4	194,1	209,8
ИФО объема платных услуг населению	103,3	106,7	110,0	113,4	116,7	120,1	123,4
ИФО оборота розничной торговли	102,1	104,2	106,3	108,4	110,5	112,6	114,7
ИФО оборота общественного питания	104,4	108,9	113,3	117,8	122,2	126,7	131,1
ИФО оборота оптовой торговли	104,0	108,1	112,1	116,2	120,2	124,2	128,3
Общая численность безработных*	97,1	94,2	91,3	88,4	85,5	82,6	79,7
Потребность организаций в работниках, заявленная в службы занятости*	102,8	105,5	108,3	111,0	113,8	116,6	119,3
Номинальные денежные доходы*	103,0	106,0	109,0	112,0	115,0	118,0	121,0
Среднедушевые денежные доходы*	104,6	109,3	113,9	118,5	123,2	127,8	132,5
ИФО кредитов, предоставленных организациям, банкам и физическим лицам	95,8	91,5	87,3	83,1	78,9	74,6	70,4
ИФО доходов консолидированного бюджета	101,4	102,7	104,1	105,5	106,8	108,2	109,6
ИФО объема инвестиций в основной капитал	108,2	116,5	124,7	132,9	141,2	149,4	157,7
ИФО объема экспорта	101,4	102,9	103,1	103,2	103,4	103,5	110,1
ИФО объема импорта	102,5	104,9	107,4	109,8	112,3	114,8	117,2

* - Темп роста (снижения) показателя в среднем за год

Исходя из полученных данных, можно резюмировать существенный рост всех показателей. Физический объем производства промышленной продукции увеличится по сравнению с 2013 годом на 8-25%. Существенный рост будет наблюдаться во внешнеторговом обороте и как следствие притока инвестиций в основной капитал (157,7%). В то же время уровень кредитных вложений в экономику региона составит 70,4% от величины 2013 года.

Пессимистический сценарий предполагает снижение конкурентоспособности отраслевых производств в связи с вводимыми ограничениями со стороны зарубежных стран, что в первую очередь повлияет на внешнеторговый оборот, как России в целом, так и Вологодской области. На мировых рынках снижаются цены на энергоресурсы и экспортируемые товары. При этом инфляция превышает уровень 10%. В то же время завершаются масштабные национальные и региональные проекты. Среднегодовые колебания курса доллара на уровне 43 рублей. Ставка рефинансирования до 2020 года зафиксирована на уровне 8,25% (табл. 6).

При выполнении прогнозных условий пессимистического сценария практически по всем

видам деятельности не наблюдается роста физического объема производства продукции, относительно 2013 года. Можно ожидать незначительное увеличение доходов в бюджет, при этом кредитные вложения в экономику незначительно вырастут. Общее число безработных будет колебаться на уровне 8-10 тыс. чел., что на 12% выше базового сценария.

Уровень жизни населения региона снизится. Об этом свидетельствует величина среднедушевых денежных доходов и показателя ввода жилья (если жилье строят, значит, кто-то там будет жить, тем самым повысив уровень и качество своей жизни). Очевидно, что согласно прогнозным оценкам пессимистического сценария социально-экономическое положение населения будет ухудшаться. Объем ввода жилья в рамках пессимистического сценария увеличится незначительно, несмотря на заложенное в сценарных посылках свертывание инвестиционной активности во всех формах (производственных и непроизводственных), что, как правило, в первую очередь сказывается на строительной отрасли экономики.

Таблица 6

**Темпы роста (снижения) значений показателей социально-экономического развития
Вологодской области по пессимистическому сценарию, в % к 2013 году**

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ИФО объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по добыче полезных ископаемых	98,0	96,0	94,1	92,1	90,1	88,1	86,1
ИФО объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг обрабатывающих производств	100,0	99,9	99,9	99,9	99,8	99,8	99,7
ИФО объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по производству и распределению электроэнергии газа и воды	99,6	99,2	98,8	98,4	98,0	97,6	97,2
ИФО объема производства предприятий сельского хозяйства	99,0	98,0	97,1	96,1	95,1	94,1	93,1
ИФО объема древесины необработанной	100,5	101,0	101,4	101,9	102,4	102,9	103,4
ИФО объема работ, выполненных по виду деятельности «строительство»	100,7	101,3	102,0	102,6	103,3	103,9	104,6
ИФО по вводу в действие жилых домов	101,7	103,5	105,2	106,9	108,6	110,4	112,1
ИФО объема платных услуг населению	102,3	104,6	107,0	109,3	111,6	113,9	116,3
ИФО оборота розничной торговли	100,2	100,5	100,7	101,0	101,2	101,4	101,7
ИФО оборота общественного питания	101,0	101,9	102,9	103,8	104,8	105,8	106,7
ИФО оборота оптовой торговли	100,5	101,0	101,5	102,0	102,5	103,0	103,5
Общая численность безработных*	99,6	99,3	98,9	98,5	98,1	97,8	97,4
Потребность организаций в работниках, заявленная в службы занятости*	100,7	101,3	102,0	102,6	103,3	103,9	104,6
Номинальные денежные доходы*	101,1	102,2	103,3	104,4	105,5	106,6	107,7
Среднедушевые денежные доходы*	102,2	104,4	106,7	108,9	111,1	113,3	115,5
ИФО кредитов, предоставленных организациям, банкам и физическим лицам	100,2	100,3	100,5	100,6	100,8	100,9	101,1
ИФО доходов консолидированного бюджета	100,2	100,4	100,6	100,7	100,9	101,1	101,3
ИФО объема инвестиций в основной капитал	102,1	104,3	106,4	108,6	110,7	112,8	115,0
ИФО объема экспорта	100,2	100,3	100,5	100,6	100,8	100,9	101,1
ИФО объема импорта	100,8	101,5	102,3	103,0	103,8	104,5	105,3

* - Темп роста (снижения) показателя в среднем за год

По мнению Н.Д. Кондратьева, чем сложнее объективно та область, в которой выполняется прогноз, тем при прочих равных условиях относительно менее точным и достоверным он может быть. Чем отдаленнее во времени предсказываемое событие, тем, как правило, менее возможным и достоверным становится предвидение (Кондратьев 1993: 174). Сложность социально-экономических процессов и явлений, протекающих на разных уровнях управления, также отмечается и в работах современных исследователей. Оценивая современное состояние проблемы их адекватности, следует признать, что создание конструктивной комплексной методики их верификации, учитывающей как объективные особенности моделируемых объектов, так и особенности их познания, является одной из наиболее актуальных задач экономико-математических исследований.

Для оценки достоверности получаемых результатов прибегнем к классическим статистическим и эконометрическим методам (Мхитарян 2009, Елисеева 2014), полагая, что начать анализ адекватности модели необходимо с прямой верификацией модели. В качестве конкурирующей модели была взята классическая линейная регрессионная модель. Мерой качества подгонки являлся коэффициент детерминации (R^2) и коэффициент вариации (V):

$$R^2 = \frac{(n \sum (ky) - (\sum k)(\sum y))^2}{(n \sum (k^2) - \sum (k)^2)(n \sum (y^2) - \sum (y)^2)} \quad (2)$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{p}} \quad (4)$$

где k , y – текущее фактическое и расчетные значения соответственно;

- n – число обучающих пар;
- σ – среднеквадратическое отклонение;
- x – расчетное значение;
- \bar{x} – выборочное среднее;
- p – число наблюдений.

Чем ближе R^2 к 1, тем лучше качество подгонки, линия регрессии более точно аппроксимирует исходный временной ряд. В качестве исходного временного ряда для сравнения выберем динамику среднедушевых денежных доходов по Вологодской области за 2006 - 2013 гг.

Используя корреляционно-регрессионный анализ, на основе статистических данных, получено следующее уравнение множественной линейной регрессии динамики среднедушевых денежных доходов населения региона (5):

$$y = 62,37 \cdot x + 14756 \quad R^2 = 0,318 \quad (5)$$

где x – ретроспективный период, год;

y – размер среднедушевых денежных доходов населения, руб.

Величина коэффициента детерминации позволяет сделать вывод: модель неудовлетвори-

тельно описывает динамику результирующего показателя. Данное уравнение объясняет только 31% связей. Продолжая анализ модели, заметим, что ее прогнозные качества определяются существенными процессами автокорреляции остатков (т.е. систематичности отклонений зависимой переменной от линии регрессии). Вместе с тем значение коэффициента V составляет 14%.

Аналогичные зависимости, полученные по предложенной модели в рамках моделирования искусственной нейросети, свидетельствуют о том, что модель практически идеально описывает данный временной ряд, коэффициент корреляции между рядами прогнозных значений и наблюдаемых значений составил 0,9684 ($R^2 = 0,934\%$, V составил 17%).

Следующим этапом проверки адекватности экономико-математической модели должен стать анализ гистограмм распределения остатков и диаграмм рассеяния для целевых и выходных переменных. В нашем случае распределение остатков подчиняется закону распределения Гаусса (рис. 1).

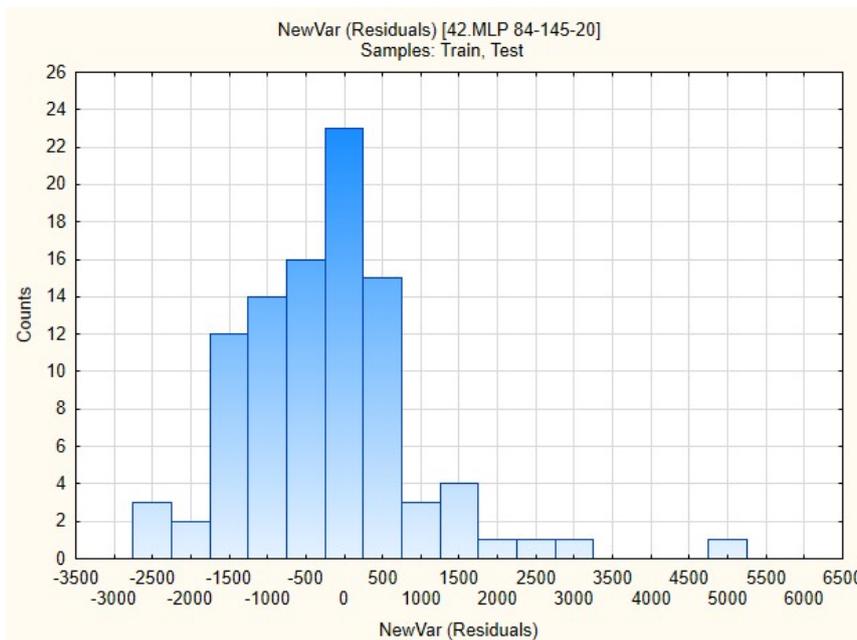


Рисунок 1. Гистограмма распределения остатков показателя «среднедушевые денежные доходы»

Диаграмма рассеяния демонстрирует наличие корреляции между двумя переменными (рис. 2).

Достаточным условием истинности результатов моделирования является совпадение результатов исследования с наблюдаемыми фактами, поскольку любая математическая модель экономического процесса выступает упрощенным отражением реальной действительности.

Поэтому на следующем этапе проверки адекватности модели целесообразно выполнить проверку истинности полученных прогнозных результатов на предмет их соответствия фактическим результатам функционирования экономики региона за двенадцать месяцев 2013 г. В эконометрике данный вид верификации называется инверсной верификацией (Глушченко 1997: 187).

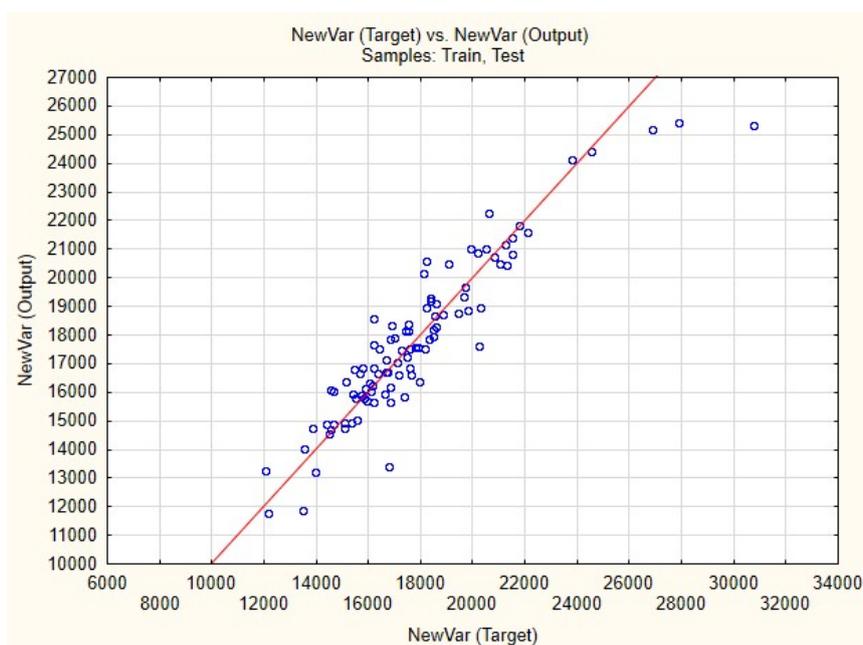


Рисунок 2. Диаграмма рассеяния для целевой и выходной переменной показателя «среднедушевые денежные доходы»

Основные преимущества ретроспективного анализа заключаются в возможности сопоставления фактических и расчетных показателей. В связи с тем, что величина отклонений за отдельный период может быть обусловлена случайностью, то есть определенными специфическими условиями данного года, в ретроспективном анализе целесообразно определить среднее отклонение за весь период анализа, например, использовать среднеквадратическое отклонение (Глущенко 1997: 188). Однако существует мнение о том, что более удобным является по-

казатель среднего отклонения, определяемого в виде среднего арифметического абсолютных отклонений в процентах за каждый период всего анализируемого года (Адиарин 1977).

Для ретроспективного анализа возьмем все тот же показатель динамики среднедушевых денежных доходов населения региона, для которой выполним ретроспективный прогноз на 2013 г. в рамках представленной в работе модели и линейной регрессионной (табл. 7).

Таблица 7

Фактические и прогнозные значения величины среднедушевых денежных доходов населения Вологодской области в 2013 году

Месяц	Факт	Прогноз 1*		Прогноз 2*	
		Руб.	Отклонение, %	Руб.	Отклонение, %
январь	16433,3	16732	1,8	20057	22,0
февраль	20320,4	20411	0,4	20120	1,0
март	21268,0	21043	1,1	20182	5,1
апрель	21041,4	21147	0,5	20245	3,8
май	19684,2	19548	0,7	20307	3,1
июнь	19904,0	20019	0,6	20369	2,4
июль	21512,9	21181	1,5	20432	5,1
август	21535,9	21186	1,6	20494	4,9
сентябрь	20191,4	20093	0,5	20556	1,8
октябрь	19068,8	19284	1,1	20619	8,2
ноябрь	20483,1	20353	0,6	20681	1,0
декабрь	30777,2	31563	2,6	20744	32,7
В среднем за год	21018,3	21047	0,1	20400	3,0

* - Прогноз 1 (нейросетевая модель), Прогноз 2 (линейная регрессионная модель)

Приведенные в таблице данные показывают, что прогнозные расчеты по представленной в

работе модели более точны. Так, прогнозный расчет среднедушевых денежных доходов в

ретроспективном периоде отклоняется от фактического значения в среднем за год на 0,98%. Исходя из этого можно сделать вывод о возможности использования нейросетевой модели для прогнозирования социально-экономического развития региона. Ретроспективный прогноз на 2013 г., выполненный с помощью линейной регрессионной модели, обладает низким качеством, о чем свидетельствуют отклонения в течение всего периода.

Следующим методом верификации нейросетевой модели служит разделение выборки наблюдений на обучающую и тестирующую. Настройка нейронной сети происходит на обучающей выборке, а проверка достоверности проводится методом симуляционного прогнозирования на данных тестирующей выборки, не использовавшихся для обучения сети, путем сравнения оценочных результатов с фактически из-

вестными правильными ответами. Если показатели, рассчитанные с помощью сети на данном этапе, отличались от фактических не более чем на 10%, то считается, что нейросеть прошла тестирование успешно и ее можно использовать для прогнозных расчетов. В противном случае обучение повторялось, пока не достигался необходимый уровень отклонения, при этом менялись некоторые настройки сети. На рис. 1, для примера, приведена динамика среднедушевых денежных доходов по Вологодской области за 2006 – 2013 гг. Сплошной линией показана фактическая динамика, пунктирной линией соединены расчетные значения, полученные с помощью нейросети. Как наглядно видно на рис. 3, нейронная сеть обеспечивает лучшее качество подгонки в силу нелинейности своей передаточной функции.

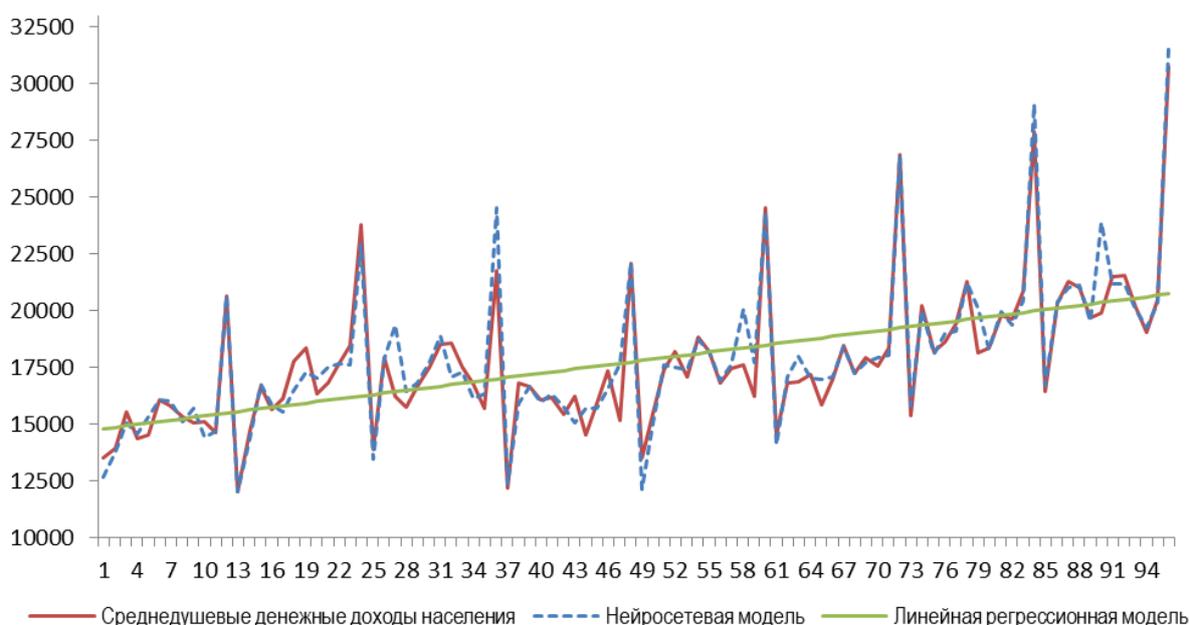


Рисунок 3. Динамика среднедушевых денежных доходов населения Вологодской области с января 2006 г. (наблюдение №1) по декабрь 2013 года (наблюдение №96)

По результатам исследования можно сделать следующие выводы.

Предлагаемая система прогнозных показателей регионального уровня прогнозирования удовлетворяют требованиям, возникающим при работе по трем взаимосвязанным направлениям: анализу ретроспективы, оценке текущего состояния, прогнозу на перспективу. Охватывает виды экономической деятельности по минимальному кругу сводных показателей и отражают структуру хозяйственного, социального и финансового комплексов региона.

Характеризуя разработанную модель социально-экономического развития региона, необходимо отметить следующие моменты:

- модель позволяет осуществлять доступ эксперта к исходной информации;
- модель ориентирована на реально доступную на региональном уровне информацию, т.е. имеет преимущественную ориентацию на использование исходной информации данных статотчетности;
- модель допускает использование минимального числа экзогенных (внешних, задаваемых пользователем) параметров;
- модель может легко модифицироваться под конкретные задачи с изменением временного шага (год, месяц, квартал), детализацией отраслевой структуры экономики, расширением блока экономических регуляторов.

Для более полного и адекватного отображения социальной составляющей развития региона необходимо добавить в модель экспертные данные из области социологии и факторные переменные.

Полученные предварительные результаты свидетельствуют о возможности применения нейросетевых моделей для прогнозирования социально-экономических показателей, зависящих от множества факторов, на средне- и долгосрочную перспективу. Вместе с тем данные модели должны пройти многократную аналитическую проверку и прямую верификацию на основе классических статистических и эконометрических методов.

Литература

- Аганбегян, А.Г. Система моделей народно-хозяйственного планирования [Текст] / А.Г. Аганбегян, К.А. Багриновский, А.Г. Гринберг. – М.: Мысль, 1972. – 351 с.
- Агапова, Т.Н. Методы статистического изучения структуры сложных систем и ее измерения [Текст] / Т.Н. Агапова. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 198 с.
- Адиарин, Ц.Т. Система моделей регионального прогнозирования [Текст] / Ц.Т. Адиарин, Я.А. Янов. – М.: Экономика, 1977. – 174 с.
- Макроэкономическое моделирование экономик России и Армении. II. Агрегированные макроэконометрические модели национальных экономик России и Армении [Текст] / С.А. Айвазян, Б.Е. Бродский, Э.М. Сандоян, М.А. Восканян, Д.Э. Манукян // Прикладная эконометрика. – 2013. – № 31. – 143 с.
- Антохонова, И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов [Текст] / И.В. Антохонова. – Улан-Удэ: ВСГТУ, 2004. – 212 с.
- Борисов, Ю. Нейросетевые методы обработки информации и средства их программно-аппаратной поддержки [Текст] / Ю. Борисов, В. Кашкаров, С. Сорокин // Открытые системы. – 1997. – № 4. – 83 с.
- Галушкин, А.И. Теория нейронных сетей. Кн. 1 [Текст]: учебное пособие для вузов / общая ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 344 с.
- Галушкин, А.И. Нейрокомпьютеры. Кн. 3 [Текст]: учебное пособие для вузов / А.И. Галушкина; общая ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 528 с.
- Генератор локальных прогнозов в модельном комплексе СИРЕНА ИЭ и ОПП СО АН СССР [Текст] / С.А. Суспицын, Г.В. Ждан, Сон-Ден-Сун, М.Ю. Череевская. – Новосибирск, 1989. – 51 с.
- Глуценко, В.В. Разработка управленческого решения. Прогнозирование, планирование. Теория проектирования экспериментов [Текст] / В.В. Глуценко, И.И. Глуценко. – Железнодорожный: ТОО НПЦ «Крылья», 1997. – 400 с.
- Горбань, А.Н. Обучение нейронных сетей [Текст] / А.Н. Горбань. – М.: СП «ParaGraph», 1990. – 160 с.
- Гроссберг, С. Внимательный мозг [Текст] / С. Гроссберг // Открытые системы. – 1997. – №4 (24). – С. 29-33.
- Кашинцев, Н.П. Прогнозирование социально-экономического развития региона на основе нейросетевых технологий: теоретический аспект [Текст] / Н.П. Кашинцев, Е.В. Лукин // Vedecky pokrok na prelomu tysyachalety – 2014: materialy X mezinarodni vedecko-prakticka konference, Praha, 27 kvetna - 05 cervna 2014 rok. – Praha: Education and Science, 2014. – С. 45-47.
- Кашинцев, Н.П. Проблемы разработки аналитического аппарата прогнозных моделей экономики региона [Электронный ресурс] / Н.П. Кашинцев // Проблемы функционирования и развития территориальных социально-экономических систем: материалы VII Всерос. науч. интернет-конф., г. Уфа, 15 октября-15 ноября 2013 г. – Режим доступа: http://isei-konf2013.ucoz.ru/load/2/n_p_kashincev/3-1-0-21
- Кондратьев, Н.Д. Избранные сочинения [Текст] / Н.Д. Кондратьев. – М.: Экономика, 1993. – 543 с.
- Круглов, В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика [Текст] / В.В. Круглов, В.В. Борисов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.
- Кузнецов, Б.И. Синтез нейроконтроллера с предсказанием для двухмассовой электромеханической системы [Текст] / Б.И. Кузнецов, Т.Е. Василец, А.А. Варфоломеев. – Электротехника и электромеханика. – 2008. – Т. 3. – С. 27-32.
- Нейронные сети. Statistica Neural Networks [Текст]: пер с англ. – М.: Горячая линия – Телеком, 2000. – 182 с.
- Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2014 год и на плановый период 2015 и 2016 годов [Текст]. – М., 2013. – 461 с.
- Прогнозирование и планирование в условиях рынка [Текст]: учеб. пособие / Е.А. Черныш, Н.П. Молчанова, А.А. Новикова, Т.А. Салтанова. – М.: ПРИОР, 2009. – 176с.
- Романовский, А.В. Применение математического аппарата искусственных нейронных сетей для измерения субъективного благополучия [Текст] / А.В. Романовский, Я.В. Шокин // Экономика и математические методы. – 2014. – Т. 5. - № 2. – С. 88-95.
- Степанова, Е.Н. Нейросетевое прогнозирование социально-экономического развития

- региона [Текст] / Е.Н. Степанова. – Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2004. – 104 с.
23. Стрижкова, Л. Проблемы надежности макроэкономического прогнозирования [Текст] / Л. Стрижкова // Федерализм. – 2013. – № 3. – 167 с.
24. Терехов, В.А. Динамические алгоритмы обучения многослойных нейронных сетей в системах управления [Текст] / В.А. Терехов. – 1996. – №3. – С. 70-79.
25. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст] / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006. – 458 с.
26. Эконометрика: учеб. для магистров [Текст] / И.И. Елисеева [и др.]; под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 449 с. – Серия: Магистр.
27. Эконометрика [Текст]: учебник / под ред. В.С. Мхитаряна. – М.: Проспект, 2009. – 384 с.
28. Adaptive mixtures of local experts [Текст] / R. A. Jacobs, M. I. Jordan, S. J. Nowlan, G. E. Hinton // Neural Computation. – № 3 (1). – 1991. – p. 79-87
29. Broyden, C.G. The Convergence of a Class of Double-Rank Minimization Algorithms / C.G. Broyden // Journal of the Institute of Mathematics and its Applications. - Vol. 6. – 1970. – p. 76-90.
30. Shanno, D.F. Conditioning of Quasi-Newton Methods for Function Minimization / D.F. Shanno // Mathematics of Computation. - Vol. 24. – 1970. – p. 647-656.
31. Widrow, B. Neural networks: Application in industry, business and science, communications of the acm / B. Widrow, L. Rumelhart, M. Lehr // Communications of the ACM. – 37 (3). – 1994. – p. 93-105.

УДК 339.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫБОРА КВАЛИФИЦИРОВАННОГО ПОСТАВЩИКА МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Козлова Евгения Владимировна (KozlovaE.V@yandex.ru)

Волынский Владимир Юльевич

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

В данной работе было проведено исследование процесса выбора квалифицированного поставщика материальных ресурсов ОАО «КРАНЭКС». Современные модели и методы выбора лучшего поставщика были усовершенствованы с учетом специфики совершения ключевой закупки.

Ключевые слова: Выбор поставщика, квалифицированный поставщик, критичные закупки, математическая модель, иерархическая нечеткая модель, критерии отбора.

От грамотного выбора поставщиков материальных ресурсов крупного машиностроительного предприятия во многом зависит успешность его работы в будущем. Поддержка принятия правильного решения в выборе лучшего поставщика особенно важна для крупных предприятий. Ранее, в работах [1,2] нами был сделан обзор ключевых моделей и методов, ориентированных на помощь менеджерам по закупкам в решении поставленной проблемы. В данной работе производится интегрированная оценка и выбор лучшего поставщика на примере листовой стали для ОАО «КРАНЭКС» современными моделями и методами, измененными с учетом специфики совершения ключевых закупок на крупном машиностроительном предприятии.

Листовая сталь относится к группе ключевых материальных ресурсов ОАО «КРАНЭКС». В общем объеме годовых закупок листовая сталь занимает приблизительно 38%. В соответствии с предложенной нами классификацией [3] поставками данного материального ресурса занимаются квалифицированные поставщики. Ключевые закупки характеризуются высоким годовым объемом расходов на их приобретение. Как правило, на рынке данных ресурсов

имеется большое разнообразие предложений способных удовлетворить требованиям заказчика. В данной ситуации менеджер старается договориться о более выгодных условиях поставки. Поставка некачественных товаров или же их задержка могут привести к остановке производственного процесса.

В работе [3] нами был описан процесс выбора поставщика на машиностроительном предприятии, включающий четыре основных этапа: предварительная оценка поставщиков; сравнительный анализ поставщиков; принятие решений о структуре, объемах и условиях закупки; формирование заказов, заключение и оформление договоров. После завершения этапа предварительной оценки поставщиков листовой стали, осталось семь претендентов, которые в дальнейшем должны подвергнуться подробному сравнительному анализу. Для его проведения будут использованы математические модели и методы не учитывающие (равномерное, мультипликативное и минимаксное свертывание) и учитывающие весовости оценочных критериев (аддитивная свертка и нечеткий метод анализа иерархий).