

УДК 338.24

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В
ПРОГНОЗИРОВАНИИ БИЗНЕС–ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ
ОБЪЁМОВ ПРОДАЖ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.А. Ильин, В.А. Цветков

Костромской государственной технологической университет

В статье рассматривается инструмент прогнозирования объёмов продаж на примере статистических данных ОАО «Галичский автокрановый завод», основанный на использовании многослойной нейронной сети, реализованной в программной среде приложения Deductor Academic 5.2.

Ключевые слова: прогнозирование, нейронные сети, объём продаж.

В настоящее время для отечественного бизнеса актуальна проблема выбора методов и инструментов экономического прогнозирования. Несмотря на определённое количество методик, аналитического инструментария и разнообразных программных продуктов, немногие из них способны предоставить исследователю адекватное решение проблемы.

Значительное развитие сейчас получают нейронные сети, использование которых в прогнозировании даёт существенные преимущества перед другими методиками.

Искусственные нейронные сети – это математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма.

Нейронные сети способны к адаптивному обучению путём реакции на положительные и отрицательные воздействия. Они показывают хорошие результаты при решении неформализованных или плохо

формализованных процессов, обладают устойчивостью к частым изменениям среды.

На рисунке 1 изображена общая схема прогнозирования на основе нейронной сети, демонстрирующая алгоритм создания и верификации нейронной сети.

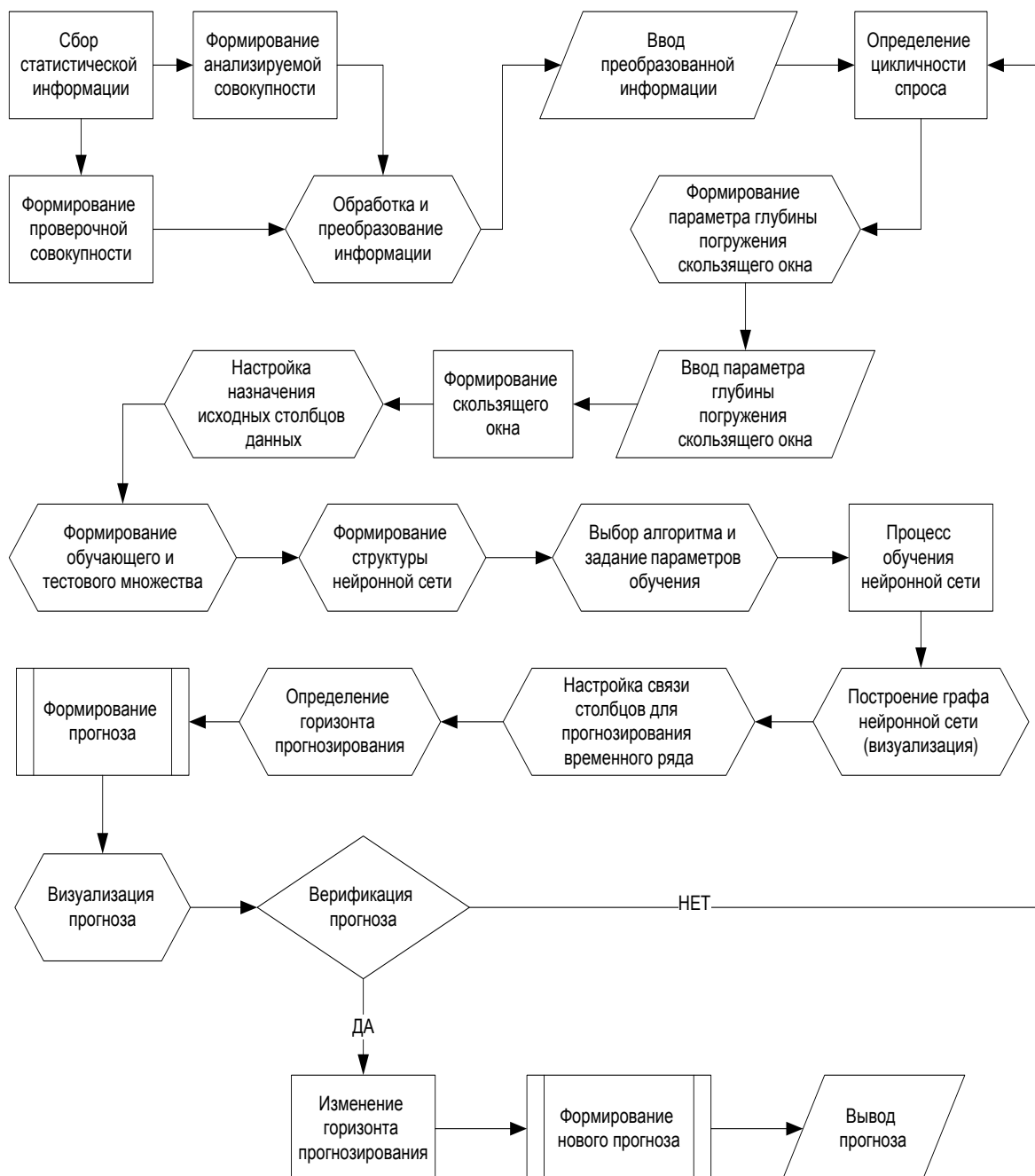


Рис 1. Алгоритм прогнозирования на основе нейронной сети.

В статье исследуются показатели объёмов продаж крупного промышленного предприятия ОАО «Галичский автокрановый завод» (далее ОАО «ГАКЗ»).

В таблице 1 представлены показатели объёмов продаж ОАО «ГАКЗ» в натуральном выражении за период с января 2006 года по август 2011 года включительно.

Таблица 1.

Показатели объёмов продаж ОАО «ГАКЗ».

Уровень наблюдения	Объём продаж (шт.)	Уровень наблюдения	Объём продаж (шт.)	Уровень наблюдения	Объём продаж (шт.)
Январь 2006	68	Декабрь 2007	133	Ноябрь 2009	24
Февраль 2006	78	Январь 2008	97	Декабрь 2009	42
Март 2006	91	Февраль 2008	113	Январь 2010	20
Апрель 2006	85	Март 2008	123	Февраль 2010	30
Май 2006	92	Апрель 2008	133	Март 2010	43
Июнь 2006	92	Май 2008	111	Апрель 2010	46
Июль 2006	92	Июнь 2008	122	Май 2010	38
Август 2006	108	Июль 2008	118	Июнь 2010	51
Сентябрь 2006	99	Август 2008	106	Июль 2010	42
Октябрь 2006	103	Сентябрь 2008	104	Август 2010	54
Ноябрь 2006	97	Октябрь 2008	67	Сентябрь 2010	58
Декабрь 2006	99	Ноябрь 2008	37	Октябрь 2010	58
Январь 2007	80	Декабрь 2008	19	Ноябрь 2010	58
Февраль 2007	92	Январь 2009	4	Декабрь 2010	68
Март 2007	103	Февраль 2009	9	Январь 2011	42
Апрель 2007	107	Март 2009	15	Февраль 2011	56
Май 2007	108	Апрель 2009	29	Март 2011	65
Июнь 2007	97	Май 2009	18	Апрель 2011	68
Июль 2007	111	Июнь 2009	19	Май 2011	59
Август 2007	125	Июль 2009	23	Июнь 2011	64
Сентябрь 2007	113	Август 2009	24	Июль 2011	62
Октябрь 2007	130	Сентябрь 2009	25	Август 2011	79
Ноябрь 2007	124	Октябрь 2009	25	-	-

В качестве входных данных модели прогнозирования используются объёмы продаж за период с января 2006 года по декабрь 2010 года включительно. Прогноз осуществляется на период с января 2011 года по

август 2011 года включительно. Статистические данные за прогнозируемый период используются для проверки достоверности прогноза и расчёта ошибки прогнозирования.

Перед тем, как приступить к построению нейронной сети, необходимо обработать входные данные. Для этого используется одна из функций программы Deductor Academic – транспонирование столбца, в котором заключены показатели объёмов продаж, с использованием скользящего окна. Данная функция позволяет подавать на вход модели значения нескольких смежных отсчётов из исходного набора данных. Основным параметром при построении скользящего окна является глубина погружения – количество прошлых отсчётов, попадающих в окно. Для данного параметра в исследуемой модели задаётся значение 12, так как в результате анализа динамики объёмов продаж ОАО «ГАЗ» был выявлен цикл продолжительностью 12 месяцев. Таким образом, скользящее окно отразит в себе необходимое количество вариаций множеств данных.

Далее происходит непосредственное построение многослойной нейронной сети (многослойный персептрон), обучающейся на основе метода обратного распространения ошибки. Данный метод является итеративным градиентным алгоритмом обучения, позволяющим минимизировать среднеквадратичные отклонения текущих значений выходов сети от требуемых.

С целью определения оптимальных значений параметров нейронной сети был проведён эксперимент, в ходе которого методом итераций и сравнения полученных данных с имеющейся информацией выбирались наиболее оптимальные значения.

В качестве входных параметров нейронной сети используется скользящее окно, имеющее 12 вариаций множества данных. Опытным путём было выявлено, что оптимальным количеством нейронов во

входном слое нейронной сети являются два полученных множества – первое и последнее.

Дальнейшим шагом в построении нейронной сети является разбиение исходного множества данных на обучающее и тестовое множества. Разделение исходного множества данных происходит случайным образом. Размер обучающего множества составляет 80 % от исходного. Размер тестового множества составляет соответственно 20 % от исходного. Множества сортируются по возрастанию. Данные параметры разделения исходного множества были признаны оптимальными на основе опытов и метода итерации.

Для задания структуры нейронной сети методом итерации были выбраны следующие параметры:

1. Активационная функция – сигмоида.
2. Крутизна сигмоиды – 0,7.
3. Количество нейронов во входном слое – 2.
4. Количество нейронов в выходном слое – 1.
5. Количество скрытых слоёв – 2.
6. Количество нейронов в первом скрытом слое – 3.
7. Количество нейронов во втором скрытом слое – 2.

Обучение нейронной сети происходит в режиме реального времени. Коррекция весов производится после предъявления каждого примера обучающего множества.

Скорость обучения, задающая градиентную составляющую в суммарной величине коррекции веса, принимается равной 0,1. Момент, задающий инерционную составляющую, учитывающую величину последнего изменения веса в суммарной величине коррекции веса, принимается равным 0,9. В качестве настроек параметров остановки обучения нейронной сети, используются условие распознавания примера (если ошибка меньше 0,01) и количество эпох обучения, равное 10 000.

После ввода указанных параметров, признанных оптимальными в ходе эксперимента, запускается процесс обучения нейронной сети.

На основе действий, выполненных и описанных ранее, а также параметров, полученных опытным путём, в приложении Deductor Academic был построен граф многослойной нейронной сети, изображённый на рисунке 2.

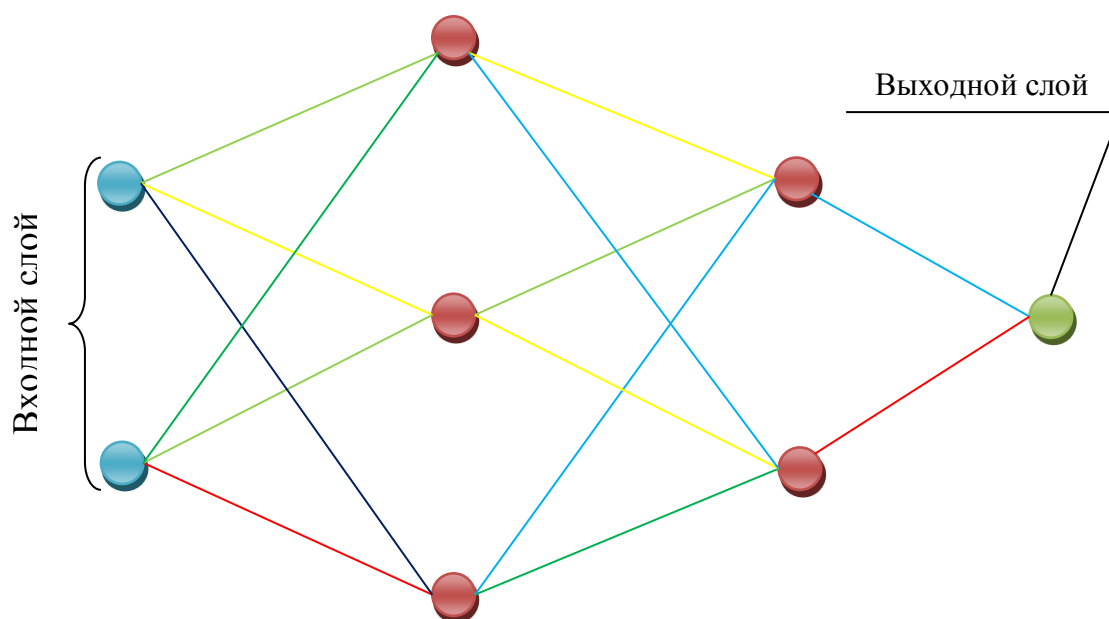


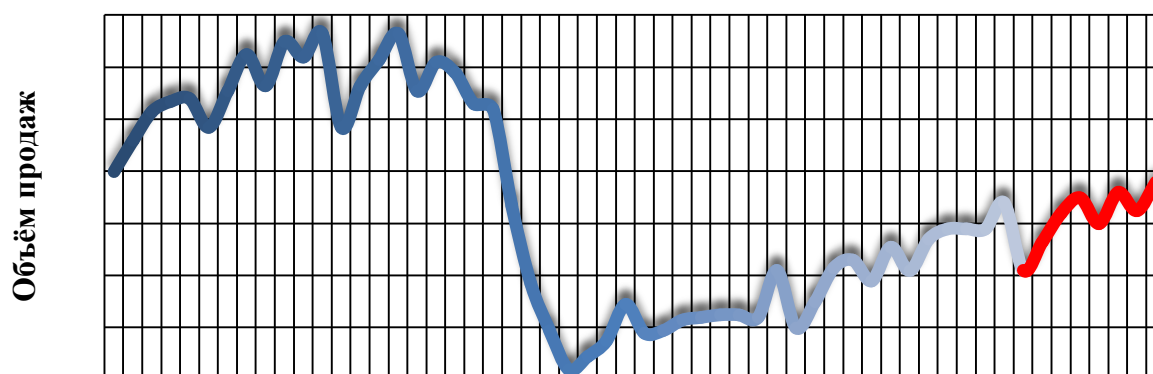
Рис.2. Граф многослойной нейронной сети.

В результате обучения нейронной сети, структура которой представлена на рисунке 2, был сформирован выходной слой, представленный единственным нейроном. Данный слой формирует необходимый для непосредственного прогнозирования массив информации.

Приложение Deductor Academic содержит в себе инструмент прогнозирования, основанный на авторегрессионной модели. Данный инструмент подходит для прогнозирования временного ряда, модифицированного с помощью обученной многослойной нейронной сети. Горизонтом прогнозирования является 8 уровней исследуемого временного ряда, статистические данные по которым имеются в наличии на момент исследования, что даёт возможность построить нейронную сеть,

подходящую именно для изучаемого бизнес-процесса. Результаты прогноза представлены в диаграмме, изображённой на рисунке 3.

Прогнозные значения, полученные в ходе данного исследования, округляются в большую сторону, так как объектом исследования являются данные, выраженные в натуральном выражении.



Уровень наблюдения

Рис. 3. Диаграмма прогноза объёмов продаж ОАО «ГАЗ».

Прогнозная динамика объёмов продаж ОАО «ГАЗ», изображённая на рисунке 3, отражает основные изменения данного показателя в рамках временного ряда. В таблице 2 представлена оценка прогнозных значений объёмов продаж ОАО «ГАЗ».

Таблица 2.

Оценка прогнозных значений объёмов продаж ОАО «ГАЗ».

Показатели	Январь 2011	Февраль 2011	Март 2011	Апрель 2011	Май 2011	Июнь 2011	Июль 2011	Август 2011
Прогнозное значение (шт.)	42	53	64	70	60	72	65	76
Фактическое значение (шт.)	42	56	65	68	59	64	62	79
Плановый показатель (шт.)	42	56	65	68	60	74	72	79
Ошибка в натуральном выражении	0	3	1	2	-1	-8	-3	2
Ошибка в процентном соотношении	0%	5,66%	1,56%	2,86%	1,66%	11,1%	4,62%	2,63%

Как видно из таблицы 2, прогнозные значения объемов продаж ОАО «ГАЗ» значительно приближены к действительным значениям. Максимальная ошибка прогноза составляет 11,1 %, однако в сравнении с плановым производственным показателем величина ошибки уменьшилась бы в 4 раза. Данная ошибка объясняется влиянием фактора внутренней среды предприятия – отставанием производственных и реализационных подразделений предприятия от графика выпуска и продажи автокранов по причине мобилизации усилий для участия ОАО «ГАЗ» в специализированной выставке. Подобные факторы возможно отразить лишь при дополнительном качественном анализе бизнес среды предприятия. При наличии запланированных условий протекания бизнес-процессов, ошибка прогнозирования не превысила бы 5-6 %.

Для построения прогноза на следующие временные периоды необходимо изменить горизонт прогнозирования и задать требуемое значение. В исследуемой модели нейронной сети горизонт прогнозирования принимаем равным 24 (вместо 8, установленного ранее), что позволит построить прогноз до конца 2011 года и на весь 2012 год.



Рис. 4. Диаграмма прогноза объемов продаж ОАО «ГАЗ» на 2011-2012 гг.

Диаграмма прогноза объёмов продаж ОАО «ГАЗ» на 2011 – 2012 гг., изображённая на рисунке 4, демонстрирует динамику, сформированную нейронной сетью на основе анализа статистических данных.

Колебания объёмов продаж, отражённые на рисунке 4, свидетельствуют о сохранении основных тенденций в 2011 и 2012 годах по отношению к 2010 году, однако это не исключает возможных изменений динамики, связанных с качественными преобразованиями сбытовой политики предприятия, а также с изменениями во внешнеэкономической среде предприятия и отрасли.

По прогнозам экспертов 2013 год должен стать периодом выхода отрасли автомобильного краностроения на докризисный уровень при условии отсутствия сильных экономических потрясений [6]. Данное предположение подтверждается прогнозной динамикой объёмов продаж ОАО «ГАЗ», где данный показатель на конец прогнозируемого периода приближается к показателям конца 2007 – начала 2008 годов, ставшими пиковыми в предкризисный период.

На момент работы над статьёй была получена новая статистическая информация на период с сентября 2011 года по январь 2012 года включительно, позволяющая оценить информацию, полученную в ходе прогноза.

Оценка прогнозных значений объёмов продаж ОАО «ГАЗ» по новым статистическим данным, представленная в таблице 3, говорит о необратимых изменениях в структуре сбыта и динамике спроса на продукцию ОАО «ГАЗ». Об этом свидетельствуют большие ошибки прогнозирования в декабре 2011 года и в январе 2012 года, составившие 9,58 % и 15 % соответственно. Однако общая ошибка в натуральном выражении равна 2, так как сумма прогнозных объёмов продаж составляет 404 единицы автомобильной крановой техники, а сумма фактических

объёмов продаж – 406 единиц автомобильной крановой техники. В процентном соотношении данная ошибка составляет 0,49 %, что говорит о сохранении тенденций роста спроса и общих объёмов продаж при наличии изменения структуры распределения объёмов продаж между различными временными периодами. Кроме того, отклонение зафиксировано между фактическими и плановыми показателями.

Таблица 3.

Оценка прогнозных значений объёмов продаж ОАО «ГАЗ» по новым статистическим данным.

Показатели	Сентябрь 2011	Октябрь 2011	Ноябрь 2011	Декабрь 2011	Январь 2012
Прогнозное значение (шт.)	84	83	83	94	60
Фактическое значение (шт.)	82	80	88	105	51
Плановый показатель (шт.)	82	80	82	90	57
Ошибка в натуральном выражении	-2	-3	5	9	-9
Ошибка в процентном соотношении	2,38 %	3,62 %	6,02 %	9,58 %	15%

Сравнительная динамика прогнозных, фактических и плановых показателей объёмов продаж ОАО «ГАЗ» за период с января 2011 года по январь 2012 года включительно представлена на рисунке 5. Динамический прогнозный показатель в случаях значительной прогнозной ошибки заключён между фактическими и плановыми показателями. С увеличением периода упреждения увеличивается максимальная ошибка прогнозирования, что объясняется естественными изменениями внешней и внутренней среды организации.

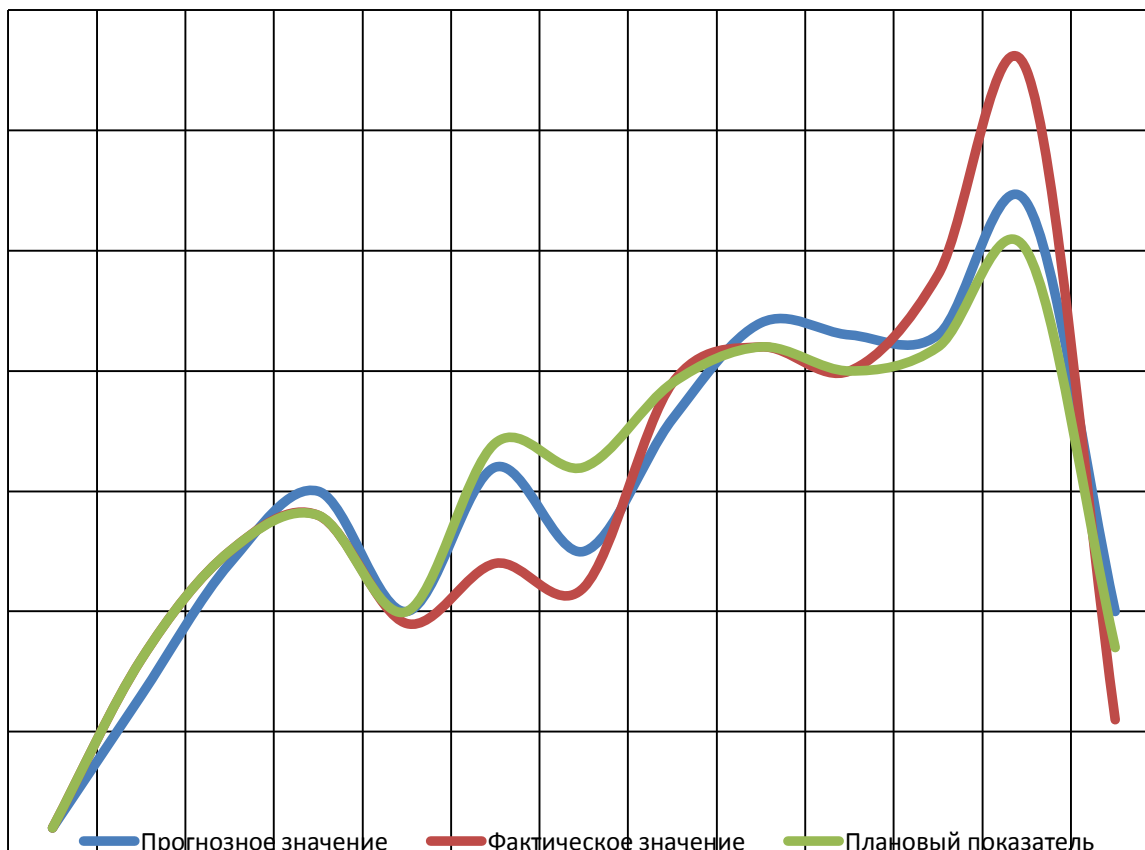


Рис. 5. Сравнительная динамика прогнозных, фактических и плановых показателей объёмов продаж ОАО «ГАЗ» за период с января 2011 г. по январь 2012 года.

По данным прогноза, всего в 2011 году должно было быть реализовано 846 автокранов, в действительности – было реализовано 850 автокранов. Ошибка годового прогнозирования составила 4 автокрана, что в процентном выражении равно 0,47 %.

В таблице 4 представлены прогнозируемые объёмы продаж ОАО «ГАЗ» на 2012 год, демонстрирующие двукратное снижение в начале года и дальнейший рост. Допустимая ошибка прогноза не должна превышать 10 % от прогнозируемого объёма продаж. Однако существуют вероятности значительных отклонений от прогноза в феврале и в июне 2012 года, связанные преимущественно с месячным перераспределением объёмов производства и подготовкой к выставкам.

Таблица 4.

Прогнозные значения объёмов продаж ОАО «ГАКЗ» на 2012 год.

Уровень прогнозирования	Прогнозное значение (шт.)	Уровень прогнозирования	Прогнозное значение (шт.)
Январь 2012	60	Июль 2012	89
Февраль 2012	71	Август 2012	101
Март 2012	83	Сентябрь 2012	108
Апрель 2012	95	Октябрь 2012	108
Май 2012	83	Ноябрь 2012	108
Июнь 2012	95	Декабрь 2012	115

В случае отсутствия значительных отклонений прогнозных значений объёмов продаж от фактических показателей в период с января по декабрь 2012 года, целесообразным станет построение дальнейшего прогноза на 2013 год. Таким образом, нейросетевое прогнозирование возможно осуществлять на период упреждения от трёх лет. Однако при каждом увеличении периода прогнозирования необходимо учитывать увеличение числа факторов, так или иначе изменяющих основные условия внешней и внутренней среды предприятия, непосредственно воздействующих на прогнозируемые бизнес-процессы.

Использование методов прогнозирования, основанных на построении многослойной нейронной сети, является целесообразным при прогнозировании бизнес-процессов и экономических явлений. Кроме того, использование аналитического инструментария, позволяющего спрогнозировать изменение внешней и внутренней среды предприятия, позволит свести ошибку прогноза к минимуму. Однако для этого необходимо создание принципиально нового аналитического продукта на базе нейронных сетей, который включал бы в себя автоматическую обработку информации и экспертные методы анализа внешней и внутренней среды предприятия.

Список литературы:

1. Роберт Каллан. Основные концепции нейронных сетей [Текст] — «Вильямс», 2001. — 288 с.
2. Еремин Д.М., Гарцеев И.Б.. Искусственные нейронные сети в интеллектуальных системах управления [Текст] — М.: МИРЭА, 2004. — 75 с.
3. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс [Текст] — М.: «Вильямс», 2006. — 1104 с.
4. Беркинблит М. Б.. Нейронные сети [Текст] — М.: МИРОС и ВЗМШ РАО, 1993. — 96 с.
5. В. А. Терехов, Д. В. Ефимов, И. Ю. Тюкин. Нейросетевые системы управления [Текст] — Высшая школа, 2002. — 184 с.
6. Анализ российского рынка производства автокранов по итогам первого полугодия 2011 года [Электронный ресурс] / ОАО «ЧМЗ», Служба директора по маркетингу, 2011. – Режим доступа: www.cmz.ru/company/news/289/

Плюин А.А., Tsvetkov V.A.