



ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ КЛЮЧЕВЫХ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТОРГОВЛИ

А. Р. Багирзаде

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

В статье рассмотрены методы повышения эффективности управления розничной торговой сетью «М.Видео – Эльдorado» на основе внедрения нейросетевых методов прогнозирования ключевых финансовых показателей. Автор акцентирует внимание на цифровой трансформации компании, ориентированной на использование микросервисной архитектуры и облачных технологий, однако подчеркивает, что нейронные сети до настоящего времени не применялись для прогнозирования выручки в российской практике. Исследование основано на анализе данных начиная с 2019 г. после слияния компаний «М.Видео» и «Эльдorado». Использование корреляционно-регрессионного анализа при прогнозировании выручки организации показало низкую прогностическую точность и экономическую неадекватность результатов. В ответ на это была разработана и протестирована серия нейросетевых моделей на базе Deductor Studio Lite 5.1 с использованием метода скользящего окна, включая байесовский ансамбль из пяти многослойных перцептронов различной архитектуры. Все модели продемонстрировали высокую точность аппроксимации (средняя ошибка – менее 0,01%), причем наилучшие результаты показала двухслойная сеть (6 и 8 нейронов в скрытых слоях). Сделан вывод, что нейросетевые модели превосходят традиционные методы по точности и устойчивости прогнозирования, а их внедрение в практику управления торговыми компаниями представляет собой перспективное направление дальнейшей цифровой трансформации.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, микросервисы, искусственный интеллект, бизнес-процессы.

USE OF NEURO-NET MODELING FOR FORECASTING KEY FINANCE FIGURES AT TRADE ENTERPRISES

Ali R. Baghirzade

Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia

The article studies methods of raising efficiency of managing the trade chain 'M. Video – Eldorado' on the basis of introducing neuro-net methods of forecasting key finance figures. The author focuses at digital transformation of company oriented to the use of micro-service architecture and cloud technologies but he also underlines that neuron nets have not been applied so far to forecast proceeds in Russian practice. The research is based on analyzing data since 2019 after the merger of the companies 'M. Video' and 'Eldorado'. The use of correlation-regressive analysis for forecasting proceeds of the organization showed a low prognostic accuracy and economic inadequacy of results. In response a series of neuro-net models were developed on the basis of Deductor Studio Lite 5.1 with method of sliding window, including bayes ensemble of five multilayer perceptrons of different architecture. All models demonstrated high accuracy of approximation (mean error is less that 0.01%) and the best results were reached by the two-layer net (6 and 8 neurons in concealed layers). A conclusion was drawn that neuro-net models exceed traditional methods by accuracy and sustainability of forecasting and their introduction into practice of trade company management could provide a promising line in further digital transformation.

Keywords: economic and mathematic modeling, micro-services, artificial intellect, business-processes.

Введение

В условиях стремительного развития цифровой экономики торговые компании вынуждены оперативно реагировать на изменения рынка, эффективно управлять продажами и оптимизировать внутренние процессы. Для достижения данных целей все более широко применяются передовые аналитические технологии, способные обрабатывать большие массивы данных и формировать точные прогнозы ключевых финансовых показателей. Одним из наиболее перспективных инструментов в данной области выступает нейросетевое моделирование, опирающееся на методы искусственного интеллекта (AI), позволяющие выявлять сложные закономерности в данных и повышать достоверность прогнозов [1].

Особый интерес к нейросетевому моделированию обусловлен постепенным усложнением структуры торговых организаций, необходимостью адаптации к быстро меняющимся предпочтениям потребителей и усилением конкуренции на рынке.

Компания «М.Видео – Эльдorado» активно внедряет современные цифровые решения, включая микросервисную архитектуру, облачные платформы и алгоритмы машинного обучения, однако искусственные нейронные сети для прогнозирования ключевых показателей деятельности до настоящего времени не использовались. Это создает теоретическую и практическую значимость исследования для повышения точности прогнозирования выручки, позволяет совершенствовать систему бизнес-аналитики и укреплять конкурентные позиции на рынке [5].

Настоящее исследование направлено на оценку эффективности использования байесовского ансамбля многослойных перцептронов для прогнозирования выручки в рамках торгового сегмента на примере группы «М.Видео – Эльдorado». В ходе работы проанализированы особенности и ограничения традиционных методов прогнозирования, целесообразность внедрения нейросетевых моделей, а также прово-

дится сравнительный эксперимент на базе программного комплекса Deductor Studio Lite 5.1, позволяющего реализовать различные конфигурации нейронных сетей и метод скользящего окна [2].

Цель исследования: определить, насколько применение искусственного интеллекта способно повысить точность прогнозирования выручки торговых компаний, а также оценить потенциал интеграции AI-моделей в систему бизнес-аналитики.

Результаты исследования могут быть полезны широкому кругу специалистов, включая руководителей и аналитиков ретейловых компаний, а также экспертов в области искусственного интеллекта и бизнес-аналитики. Применение нейросетевых методов при прогнозировании финансовых показателей открывает новые возможности для повышения эффективности управления продажами и совершенствования операционной деятельности, что особенно актуально в условиях растущей конкуренции и динамичных изменений на потребительском рынке.

Возможности внедрения технологии нейросетового моделирования в систему управления организацией

В современной конкурентной среде для торговых компаний особое значение приобретают своевременное реагирование на изменения рынка, оперативное управление продажами, а также эффективная координация бизнес-процессов. Реализация таких задач во многом зависит от способности организации быстро обрабатывать значительные объемы данных, связанных с финансово-торговой деятельностью, и использовать полученные результаты для обоснованных управленческих решений. Одним из перспективных инструментов, позволяющих обеспечить точное прогнозирование продаж и оптимизацию ключевых показателей, являются методы нейросетового моделирования [3].

С целью повышения гибкости и надежности IT-ландшафта в группе «М.Видео – Эльдorado» происходит перестраивание IT-архитектуры на основе микросервисно-

го подхода, развивается платформа данных за счет машинного обучения, реализуются проекты в сфере информационной безопасности и миграции на облачную инфраструктуру¹. На современном этапе развития в компании создается микросервисная платформа, построенная на сотнях независимых компонентов. Данный подход предполагает поддержку независимых конкурирующих frontend-продуктов (мобильных приложений и веб-сайтов) и общих backend-систем, которые применяют оба бренда («М.Видео» и «Эльдорадо»), включая модули логистики, финансов, IT и HR. Архитектура, основанная на микросервисах, позволяет оперативно реагировать на вызовы бизнеса, адаптируя текущие продукты к ним, при этом обеспечивая быструю и бесперебойную работу приложений в условиях роста нагрузок [4]. В «М.Видео – Эльдорадо» проводится мониторинг рынка облачных сервисов для получения максимального коммерческого эффекта от мультиклауд-подхода. Более 70% операций в компании поддерживается облачными решениями. На облачную платформу переведены разработка и эксплуатация сайтов и мобильных приложений для клиентов и консультантов брендов «М.Видео» и «Эльдорадо». В компании активно применяются сервисы автоматизации контейнерной разработки для создания новых цифровых продуктов; управляемая платформа данных для сбора, хранения, анализа и визуализации информации, а также сервисы на базе машинного обучения. Однако в «М.Видео – Эльдорадо» до сих пор не применяются искусственные нейронные сети для мониторинга, планирования и прогнозирования ключевых показателей торговой финансово-деятельности. В рамках данного исследования предпринимается попытка восполнить такой пробел.

Центральное место в системе основных показателей, отражающих развитие торго-

во-финансовой деятельности компании, занимает выручка. Поэтому с помощью различных методов экономико-математического моделирования сделана попытка произвести перспективную оценку показателя. Так как слияние компаний «М.Видео» и «Эльдорадо» было завершено к концу 2018 г., соответственно, обеспечение принципа сопоставимости данных возможно только при анализе информации о компании начиная с 2019 г. Необходимо отметить, что исходной информацией, помимо годовой финансовой (бухгалтерской) отчетности, составленной по МСФО за 2019–2023 гг., являются данные промежуточной отчетности; в «М.Видео – Эльдорадо» такая отчетность формируется с периодичностью раз в полгода. На данный момент имеется промежуточная отчетность компании начиная с I полугодия 2019 г. до I полугодия 2024 г. включительно (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Динамика значений полугодовой выручки
компании «М.Видео – Эльдорадо»
за 2019–2024 гг.* (в млн руб.)**

Период	Выручка
I полугодие 2019 г.	161 402
II полугодие 2019 г.	203 814
I полугодие 2020 г.	173 934
II полугодие 2020 г.	248 155
I полугодие 2021 г.	215 570
II полугодие 2021 г.	260 794
I полугодие 2022 г.	218 815
II полугодие 2022 г.	183 647
I полугодие 2023 г.	179 294
II полугодие 2023 г.	255 096
I полугодие 2024 г.	201 884

* Табл. 1, 2; рис. 1 составлены по данным Центра раскрытия корпоративной информации «Интерфакс». – URL: <https://e-disclosure.ru/portal/company.aspx?id=11014>

Сначала предпринимается попытка построения адекватного тренда выручки. В MS Excel на базе точечной диаграммы предусмотрено построение 5 возможных видов трендов (экспоненциального, линейного, логарифмического, полиномиального и степенного). При этом для тренда полиномиального вида имеется воз-

¹ URL: https://www.mvideoeldorado.ru/fileadmin/user_upload/annual_reports/ru/2023/annual_report_of_m-video_2023_ru.pdf

возможность варьирования степенью (от 2 до 6 с единичным шагом). Оценка адекватности тренда производится на основе анализа автоматически рассчитанного значения коэффициента детерминации R^2 . Считается, что тренд позволяет передавать тенденцию изучаемого показателя с высокой степенью точности при $R^2 > 0,9$. Если значение $R^2 > 0,8$, но менее 0,9, то на основе тренда можно получать лишь грубые (прикидочные) оценки изучаемого показателя.

Как видно из данных рис. 1, только полином 6-й степени обеспечивает относительно (по сравнению с другими четырьмя различными видами трендов) высокую точность аппроксимации исходной информации (значение коэффициента детерминации – приблизительно 0,8). Однако с помощью такого вида тренда прогнозирование полугодовых значений выручки компании не представляется возможным, поскольку нарушается экономический смысл.

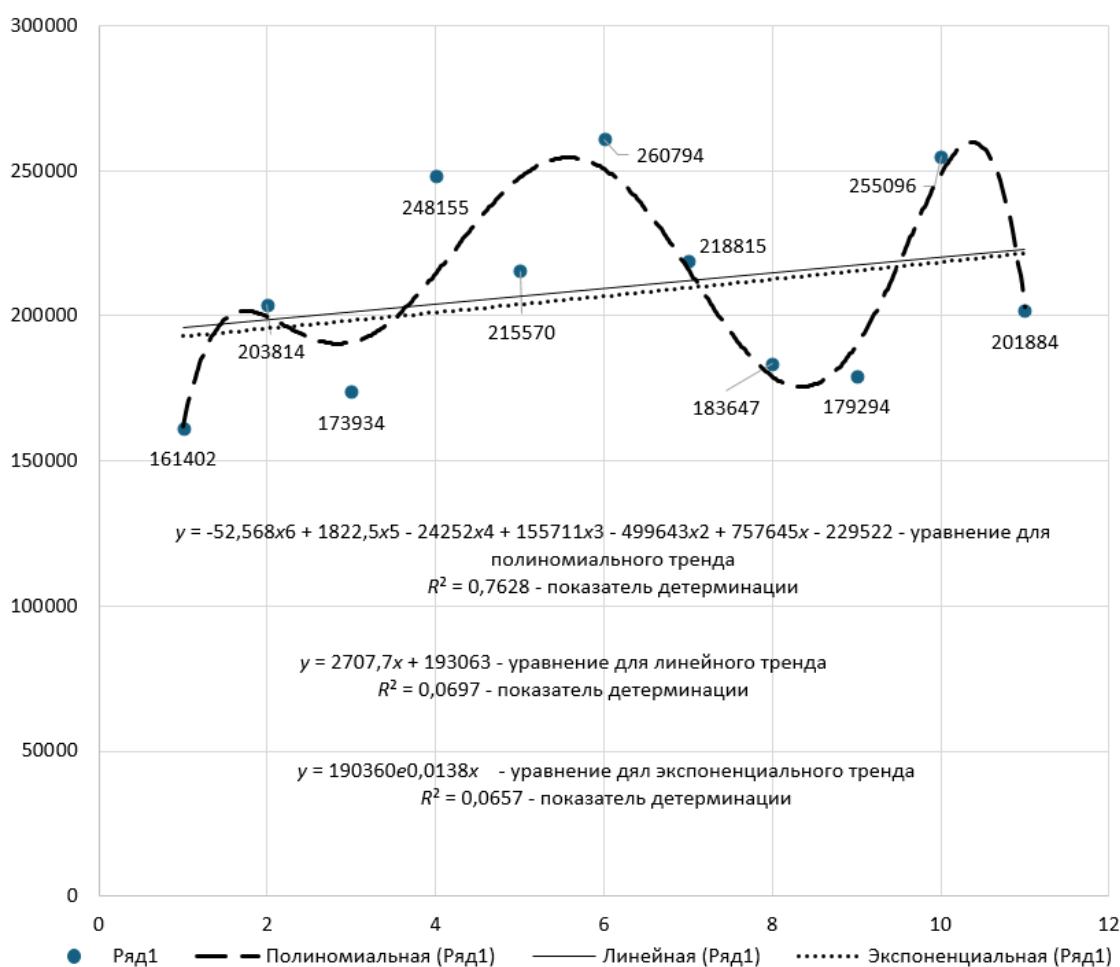


Рис. 1. Фактические данные и тренд (полином 6-й степени) значений выручки «М.Видео – Эльдorado» за 2019–2024 гг. (в полугодовом разрезе)

Согласно перспективной оценке за II полугодие 2024 г., выручка принимает отрицательное значение. Поэтому в рамках исследования выдвигается гипотеза о возможности прогнозирования полугодовых

значений выручки «М.Видео – Эльдorado» с высокой степенью точности на основе применения искусственного интеллекта (искусственных нейронных сетей). Нейро-моделирование осуществляется с примене-

нием демоверсии специального программного продукта Deductor Studio Lite 5.1. На подготовительном этапе (формирование исходной информации) применяется метод скользящего окна с шириной, равной 4. В нашем случае будут 4 входные и одна выходная переменные. При этом Y (выходная переменная) и $X_1 - X_4$ (входные переменные, расположенные в обратном порядке) попарно являются лаговыми переменными со смещением на одно полугодие назад (табл. 2).

По результатам серии вычислительных экспериментов был сформирован байесовский ансамбль из адекватных нейромоделей (многослойных персептронов) (табл. 3).

Т а б л и ц а 2

**Исходная информация
для нейромоделирования полугодовых
значений выручки «М.Видео – Эльдорато»
за 2019–2024 гг.**

n	X_1	X_2	X_3	X_4	Y
1	161 402	203 814	173 934	248 155	215 570
2	203 814	173 934	248 155	215 570	260 794
3	173 934	248 155	215 570	260 794	218 815
4	248 155	215 570	260 794	218 815	183 647
5	215 570	260 794	218 815	183 647	179 294
6	260 794	218 815	183 647	179 294	25 5096
7	218 815	183 647	179 294	255 096	201 884

Как видно из данных табл. 3, в нашем случае байесовский ансамбль состоит из пяти многослойных персептронов различной конфигурации.

Т а б л и ц а 3

Конфигурация байесовского ансамбля из многослойных персептронов*

Нейромодель	Количество скрытых слоев	Число нейронов		Активационная функция (скрытые слои)
		в первом скрытом слое	во втором скрытом слое	
Первая	1	4	–	Гипертангенс
Вторая	1	6	–	
Третья	1	8	–	
Четвертая	2	4	6	
Пятая	2	6	8	

* Табл. 3–5 составлены по результатам нейромоделирования в Deductor Studio Lite 5.1.

Так, три первые нейромодели содержат один скрытый слой, остальные – два скрытых слоя. В ходе вычислительных экспериментов варьировалось как количество скрытых слоев, так и число нейронов в них. При этом активационная функция оставалась неизменной – гиперболический тангенс (гипертангенс).

Решение об адекватности каждой нейромодели и целесообразности включения ее в байесовский ансамбль принималось на основе анализа ряда показателей адекватности.

В табл. 4 и 5 представлены, соответственно, показатели, автоматически генерируемые в специальном программном продукте и рассчитанные самостоятельно.

Как видно из данных табл. 4, ошибки являются арифметической погрешностью.

Поэтому любая из пяти нейромоделей обеспечивает высокую точность аппроксимации исходной информации.

Т а б л и ц а 4

**Показатели адекватности нейромоделей
(определяются автоматически
в Deductor Studio Lite 5.1)**

Нейромодель	Максимальная ошибка	Средняя ошибка	Распознано, %
Первая	2,58E-04	3,88E-05	100
Вторая	2,83E-09	5,51E-10	100
Третья	4,95E-08	7,14E-09	100
Четвертая	5,39E-06	8,02E-07	100
Пятая	1,45E-06	2,08E-07	100

На основе анализа данных табл. 5 подтверждается сделанный ранее вывод о высокой степени точности нейромоделирования динамики полугодовых значений

выручки «М.Видео – Эльдorado» за 2019–2024 гг.

Т а б л и ц а 5
Показатели адекватности нейромоделей
(рассчитаны самостоятельно)

Нейромодель	Средняя ошибка аппроксимации, %	Наибольшая ошибка аппроксимации, %
Первая	0,05	0,21
Вторая	0,0005	0,0017
Третья	0,0012	0,007
Четвертая	0,01	0,07
Пятая	0,006	0,04

Отсюда можно сделать вывод о высокой степени точности формирования краткосрочных прогнозов с помощью байесовского ансамбля из нейромоделей.

Далее в рамках работы раскрывается (пошагово) алгоритм нейромоделирования в Deductor Studio Lite 5.1 на примере искусственной нейронной сети с наиболее сложной конфигурацией, т. е. состоящей из двух скрытых слоев, включающих, соответственно, 4 и 6 нейронов. По причине малого количества наблюдений в нашем случае выделение тестового подмножества нецелесообразно (рис. 2).

На рис. 3 представлена структура пятой нейросетевой модели.

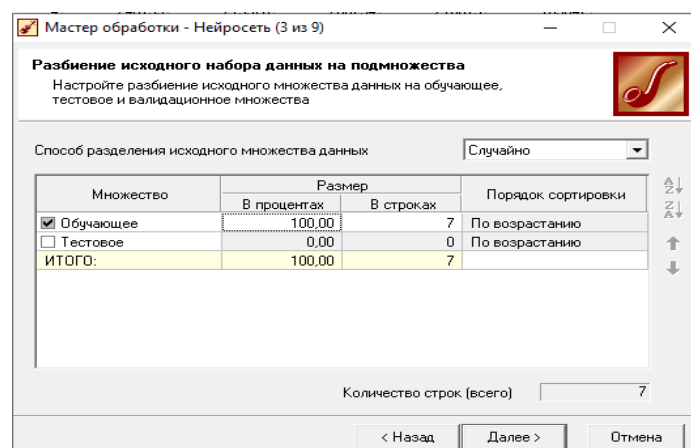


Рис. 2. Разбиение исходной информации на обучающее и тестовое подмножество

Рис. 2–9 составлены по результатам нейромоделирования в Deductor Studio Lite 5.1.

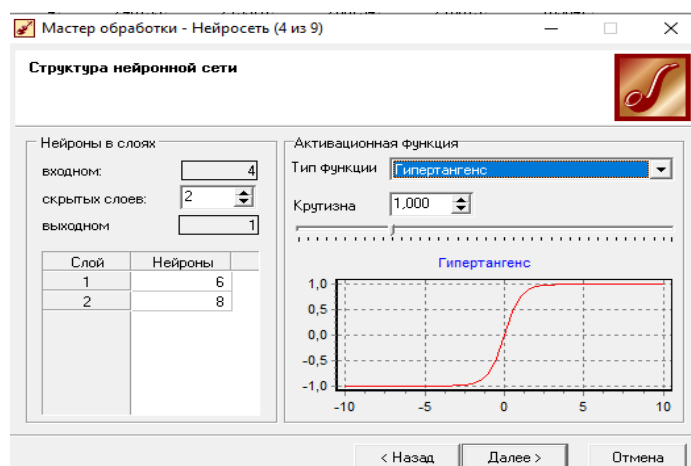


Рис. 3. Структура пятой нейросетевой модели

В ходе настройки процесса обучения нейромодели предусмотрены два альтернативных алгоритма (рис. 4). Как видно из данных рис. 4, в нашем случае применяется Back-Propagation – алгоритм обучения искусственной нейронной сети. Производится обучение в режиме онлайн, т. е. коррекция синаптических весов осуществляется после предъявления каждого наблю-

дения. Скорость обучения и момент приняты по умолчанию (автоматически установленное в Deductor Studio Lite 5.1 значение). В нашем случае градиентная и инерционная компоненты последнего изменения синаптического веса в суммарной величине его коррекции составляют соответственно 10 и 90%.

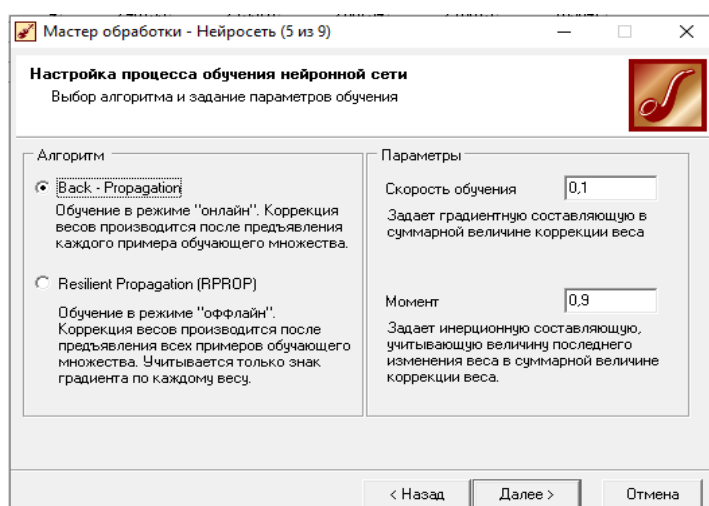


Рис. 4. Выбор алгоритма обучения нейромодели

На рис. 5 отображено условие прекращения обучения нейромодели. Как видно, в нашем случае процесс обучения искусственной нейронной сети завершается ав-

томатически по достижении 10 000 эпохи. При этом наблюдение считается корректно распознанным, если ошибка не превышает 5%.

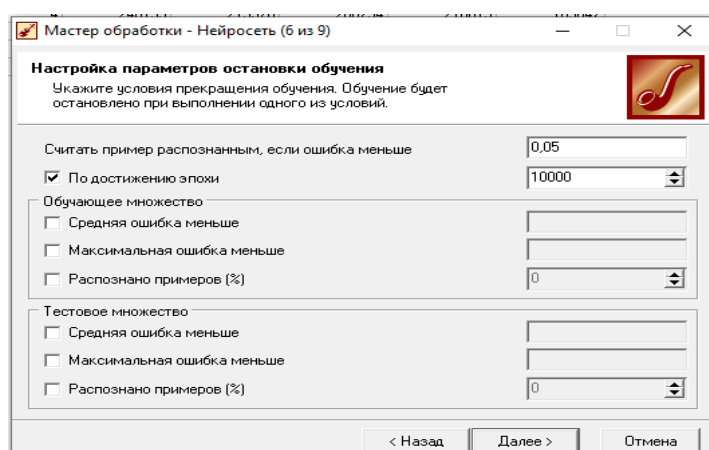


Рис. 5. Условие прекращения обучения нейромодели

Результаты обучения пятой нейромодели визуализированы на рис. 6. На рис. 7 и 8 соответственно визуализирована конфи-

гурация пятой нейромодели и ее диаграмма рассеяния.

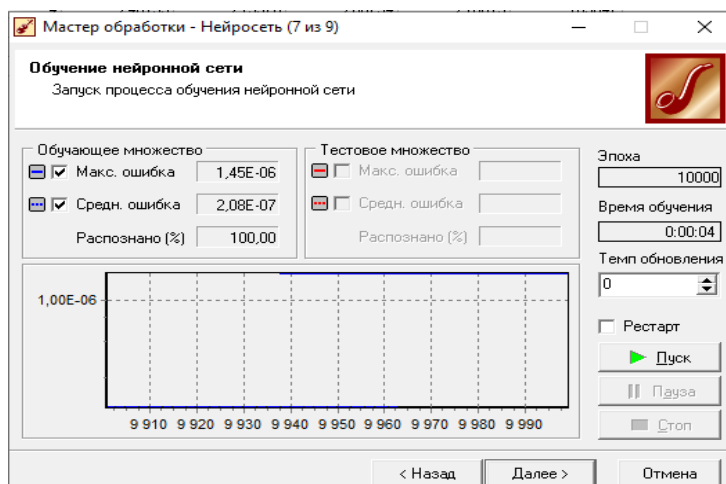


Рис. 6. Результаты обучения пятой нейромодели

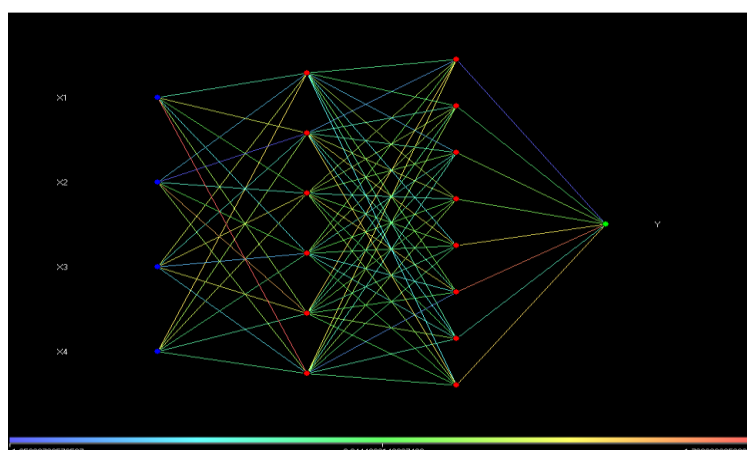


Рис. 7. Визуализация конфигурации пятой нейромодели

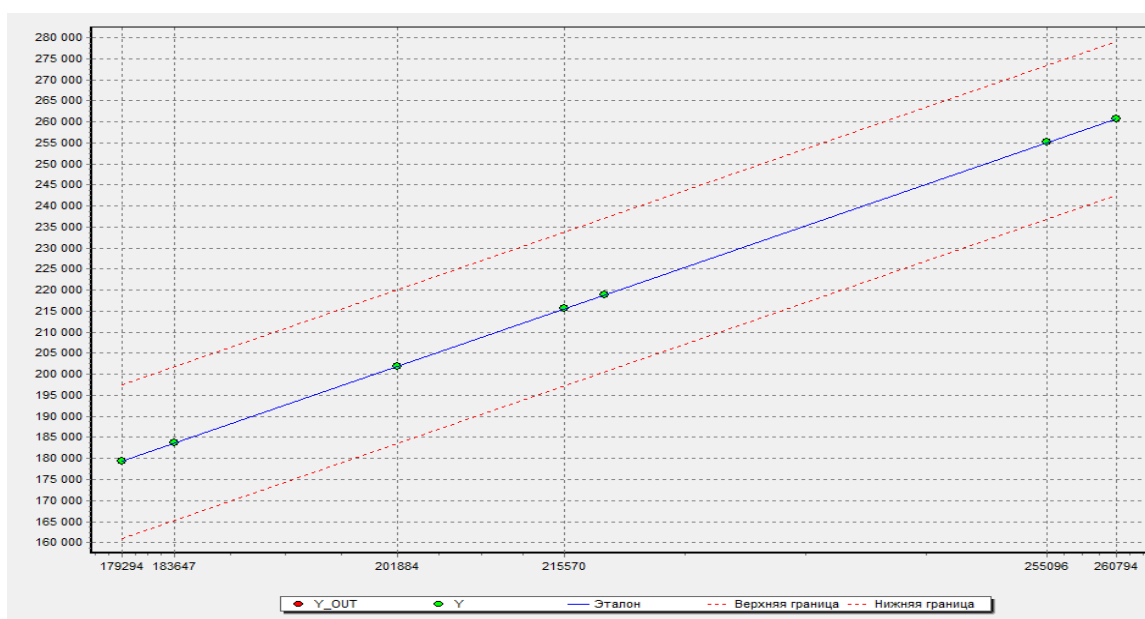


Рис. 8. Диаграмма рассеяния пятой нейромодели

Как видно из данных рис. 7, пятая нейромодель состоит из входного параметра (4 фактора), двух скрытых слоев (соответственно с 6 и 8 нейронами), а также одного выходного параметра (результативный показатель). Согласно рис. 8 в нашем случае обеспечивается незначительное отклонение (арифметическая по-

грешность) фактического значения выходной переменной от теоретического значения аналогичного показателя, полученного с помощью пятой нейромодели.

На рис. 9 представлены результаты краткосрочного прогнозирования (на один период вперед) результативного показателя.

Входные	
9.0 X1	183647
9.0 X2	179294
9.0 X3	255096
9.0 X4	201884
Выходные	
9.0 Y	260594,15074371

Рис. 9. Визуализация краткосрочного прогнозирования по пятой нейромодели

В случае сохранения выявленной тенденции в краткосрочной перспективе выручка «М.Видео – Эльдorado» должна была составить 260 594 млн рублей во II полугодии 2024 г. Значения аналогичного показателя по первой – четвертой нейромоделям составили соответственно 260 710 млн, 260 793 млн, 260 762 млн и 260 678 млн рублей.

Для байесовского ансамбля нейромоделей прогнозное значение выручки компании определяется по формуле простой среднеарифметической. Отсюда ожидаемое значение показателя – 260 736 млн рублей.

С учетом этого выручка компании за 2024 г. должна была составить 462 620 млн рублей и превысить на 6,5% значение 2023 г. Однако она не достигнет значения докризисного 2021 г. и будет меньше на 2,9%.

Заключение

В рамках проведенного исследования была проанализирована возможность внедрения нейросетевого моделирования в систему бизнес-аналитики крупной торговой компании на примере «М.Видео – Эльдorado». Рассмотрены традиционные методы прогнозирования выручки, вклю-

чая полиномиальные тренды, выявлены их ограничения, выражающиеся в низкой точности и экономически некорректных результатах. В качестве альтернативы предложено применение искусственных нейронных сетей, позволяющих учитывать сложные нелинейные связи в данных.

Использование байесовского ансамбля многослойных персептронов в среде Deductor Studio Lite 5.1 показало высокую точность прогноза ключевых финансовых показателей, в частности, выручки со средней ошибкой менее 0,01%. На основании полученных результатов можно заключить следующее:

1. Искусственные нейронные сети обладают более высокой точностью и стабильностью прогнозов по сравнению с традиционными методами, что обусловлено их способностью выявлять скрытые закономерности в больших объемах данных.

2. Байесовский ансамбль нейросетей повышает надежность прогнозирования, позволяя минимизировать ошибки за счет агрегирования различных архитектур и взаимного сглаживания неточностей отдельных моделей.

3. Прогноз выручки «М.Видео – Эльдorado» на 2024 г. с учетом выявленных тенденций свидетельствует о потенциаль-

ном росте на 6,5% относительно 2023 г., при этом сохраняется отставание на 2,9% по сравнению с докризисным периодом 2021 г.

4. Практическая ценность нейросетевых технологий подтверждается возможностью более точного планирования и управления торговыми процессами, что напрямую влияет на конкурентоспособность бизнеса и качество принятия управленческих решений.

Таким образом, результаты исследования демонстрируют целесообразность и эффективность интеграции нейросетевого моделирования в бизнес-аналитику ретей-

ловых компаний. Перспективными направлениями дальнейших работ видятся расширение набора входных переменных, включение дополнительных финансовых и маркетинговых индикаторов, а также тестирование глубоких нейронных сетей. Кроме того, интеграция AI-инструментов в смежные аспекты операционной деятельности (управление складскими запасами, персоналом и логистикой) может способствовать созданию комплексной системы принятия решений на базе искусственного интеллекта, что позволит компаниям более гибко реагировать на динамику рынка и эффективно использовать ресурсы.

Список литературы

1. Докторова Н. П. Использование современных нейросетевых технологий при принятии управленческих решений // Научно-исследовательский журнал «Экономические исследования и разработки». – 2024. – № 12. – С. 88–93.
2. Пахомова К. И., Пересунько П. В., Виденин С. А. Прогнозирование выручки предполагаемой торговой точки сети медицинских товаров на основе геоинформационных данных // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 6 (ч. 1). – С. 74–78.
3. Ретейл будущего: как технологии помогают магазинам зарабатывать. – URL: <https://sber.pro/digital/publication/riteil-buduschego-kak-tehnologii-pomogayut-magazinam-zarabativat/> (дата обращения: 11.02.2025).
4. Что такое микросервисы, в чем плюсы и минусы такой архитектуры и кому она подходит. – URL: <https://eurobyte.ru/articles/chto-takoe-mikroservisy-v-chem-plyusy-i-minusy-takoj-arkhitektury-i-komu-ona-podkhodit/> (дата обращения: 11.02.2025).
5. Ширшов Е. В., Иванченко А. А. Применение кластерного анализа для оценки эффективности деятельности предприятия на основе использования нейросетевых технологий // Colloquium-journal. – 2020. – № 5. – С. 119–124.

References

1. Doktorova N. P. Ispolzovanie sovremennykh neyrosetevykh tekhnologiy pri prinyatii upravlencheskikh resheniy [Using Modern Neural Network Technologies in Making Management Decisions]. *Ekonomicheskie issledovaniya i razrabotki* [Economic Research and Development], 2024, No. 12, pp. 88–93. (In Russ.).
2. Pakhomova K. I., Peresunko P. V., Videnin S. A. Prognozirovaniye vyruCHKi predpolagaemoy trgovoy toChki seti meditsinskikh tovarov na osnove geoinformatsionnykh dannykh [Forecasting the Revenue of a Proposed Outlet of a Network of Medical Products Based on Geoinformation Data]. *Sovremennyye naukoemkie tekhnologii* [Modern Scienceintensive Technologies], 2020, No. 6 (Part 1), pp. 74–78. (In Russ.).
3. Reteyl budushhego: kak tekhnologii pomagayut magazinam zarabatyvat [Retail of the Future: How Technologies Help Stores Make Money]. (In Russ.). Available at:

<https://sber.pro/digital/publication/riteil-buduschego-kak-tehnologii-pomogayut-magazinam-zarabativat/> (accessed 11.02.2025).

4. Chto takoe mikroservisy, v chem plyusy i minusy takoy arkhitektury i komu ona podkhodit [What are Microservices, What are the Pros and Cons of Such an Architecture and who is It Suitable for]. (In Russ.). Available at: <https://eurobyte.ru/articles/chto-takoe-mikroservisy-v-chem-plyusy-i-minusy-takoj-arkhitektury-i-komu-ona-podkhodit/> (accessed 11.02.2025).

5. Shirshov E. V., Ivanchenko A. A. Primenenie klasternogo analiza dlya otsenki effektivnosti deyatel'nosti predpriyatiya na osnove ispolzovaniya neyrosetevykh tekhnologiy [Application of Cluster Analysis to Assess the Efficiency of an Enterprise Based on the Use of Neural Network Technologies]. *Colloquium-journal*, 2020, No. 5, pp. 119–124.

Поступила: 12.02.2025

Принята к печати: 14.04.2025

Сведения об авторе

Али Рауф оглы Багирзаде

ассистент кафедры теории
менеджмента и бизнес-технологий
РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический
университет имени Г. В. Плеханова», 109992,
Москва, Стремянный пер., д. 36.

E-mail: Bagirzade.AR@rea.ru

Information about the author

Ali Rauf Baghirzade

Assistant of the Department of Management
Theory and Business Technologies
of the PRUE.

Address: Plekhanov Russian University
of Economics, 36 Stremyanny Lane,
Moscow, 109992, Russian Federation;

E-mail: Bagirzade.AR@rea.ru