

## Анализ влияния нейронных сетей на эффективность интернет-торговли: изучение потенциала и перспективы применения

Т. М. Панеш<sup>1</sup>, А.В. Коваленко<sup>1</sup>, Д.М. Теунаев<sup>2</sup>, Ф.М. Узденова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кубанский государственный университет, Краснодар

<sup>2</sup>Северо-Кавказская государственная академия

**Аннотация:** С развитием научно-технического прогресса использование современных методов прогнозирования данных становится всё более необходимой и важной задачей при анализе экономической деятельности любого предприятия, поскольку бизнес-операции могут генерировать очень большой объем данных. Данная статья посвящена исследованию методов прогнозирования финансово-торговых показателей при помощи нейросетей для предприятий Краснодарского края. В качестве рассматриваемых показателей выступают выручка предприятия за отчетный период, количество опубликованных (доступных к продаже) товаров, а также количество заказанных товаров в течение дня, недели и месяца. В данном исследовании подробно рассмотрен многослойный персептрон, который можно применять в задачах прогнозирования выручки с применением нейронных сетей, а также на основе данных онлайн-магазина автохимии «Proflin-23» построены нейросетевые предиктивные модели «MLP 21-8-1», «MLP 21-6-1», и «MLP 20-10-1».

**Ключевые слова:** автоматизированные нейронные сети, маркетплейсы, прогнозирование, нейросетевые модели, математические модели, методы прогнозирования.

### Введение

В настоящее время наблюдается выраженная тенденция к интенсификации процессов цифровизации, что обусловлено активным развитием инновационных информационных технологий. Этот феномен представляет собой систематическое внедрение цифровых технологий в различные сферы общественной и экономической деятельности, результатом которого является возникновение новых возможностей автоматизации и оптимизации бизнес-процессов. Рынок электронной коммерции сегодня является одним из наиболее стремительно растущих, поэтому очень быстро приобрели популярность различные интернет-магазины, торговые платформы, где можно ознакомиться с информацией о товаре и с отзывами предыдущих покупателей. Современным методом такого взаимодействия с клиентами является маркетплейс — торговая площадка в Интернете, которая помогает продавцам и потенциальным покупателям находить друг друга

---

онлайн и взаимодействовать между собой. Внедрение подобных цифровых платформ и сервисов способствует увеличению производительности, снижению издержек и созданию новых моделей бизнеса [1,2].

Процесс накопления обширных объемов данных в Интернете предоставляет уникальную возможность создания различных математических моделей. В данном контексте актуализируется использование нейросетевых моделей, которые могут быть применены для прогнозирования трендов, выявления закономерностей и оптимизации бизнес-процессов. В данном исследовании выполнен компаративный анализ нейросетевых моделей, а также их потенциала для применения в контексте цифровой коммерции.

В условиях значительной конкуренции между участниками рынка и ограниченного потребительского спроса современные компании вынуждены активно искать инновационные решения в сфере электронной коммерции. Традиционные статистические подходы не позволяют оптимизировать ключевые процессы и получить конкурентные преимущества. Стоит отметить, что статистические методы обработки данных предполагают работу с численной информацией, однако современное развитие цифровой среды предполагает использование компаниями и пользователями разнообразного контента (фотографии, видео, аудио, текст), который при условии применения научно обоснованных подходов может быть использован в качестве ценного ресурса для принятия тех или иных эффективных управленческих решений.

Использование нейросетей в финансово-экономической деятельности современных предприятий является важным и перспективным инструментом, который способен не только анализировать большие объемы данных, а также автоматически обнаруживать скрытые закономерности и прогнозировать будущие тренды. Также полученные результаты смогут

---

привести к значительному улучшению процессов продаж, как с точки зрения качества предоставляемых услуг или товаров, так и с точки зрения увеличения объема продаж.

### **Постановка задачи**

Объектом исследования является предпринимательская деятельность участников рынка онлайн-торговли, а предметом исследования – современные нейросетевые алгоритмы. Областью исследования являются математические модели и инструментальные средства для построения моделей нейронных сетей для решения задач оптимизации бизнес-процессов.

В данной работе реализованы следующие задачи:

1. Рассмотрены основные виды нейросетевых алгоритмов применяемых для решения бизнес-задач.
2. Исследован потенциал применения и интеграции моделей в организационную структуру предприятий.
3. Построены прогностические нейронные сети на основе многослойного персептрона.

### **Архитектуры нейронных сетей**

Для построения качественной предиктивной рекомендательной системы рассмотрим основные виды нейронных сетей:

1. Многослойная нейронная сеть, также известная как персептрон, представляет собой сеть, состоящую из входного и выходного слоев, а также одного или нескольких скрытых слоев нейронов [3]. Этот тип нейросетевых алгоритмов уже широко используется в задачах прогнозирования во многих областях экономики, медицины, спорта и культуры. Многообразная статистическая информация, описывающая коммерческую деятельность предприятия, является потенциальным

массивом входных параметров многослойного персептрона. Данные о продажах, товарные остатки по необходимому продукту, скорость поставки товаров, информация о рекламных кампаниях, характеристики клиентов и другие факторы, влияющие на объем продаж, представляют собой основу входных параметров и оказывают прямое воздействие на окончательный результат предиктивной нейронной сети. Эти параметры подаются на вход персептрона, который обрабатывает их через несколько слоев нейронов с нелинейными активационными функциями.

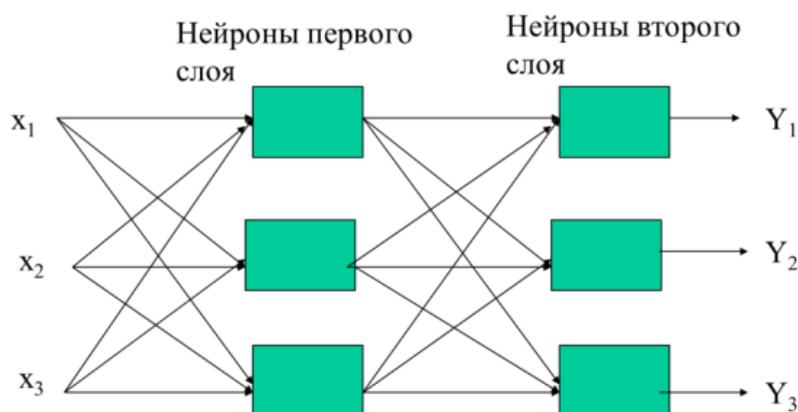


Рисунок 1. – Структура персептрона

2. Сети радиальных базисных функций (Radial Basis Functions) представляют собой специфический тип нейронных сетей с прямыми связями [4]. Их основное предназначение заключается в приближении и интерполяции многомерных функций для решения задач прогнозирования. Достижение высокой точности в аппроксимации функций достигается путем объединения радиально симметричных функций. RBF-сети могут применяться для решения задач регрессии, то есть, для прогнозирования непрерывных числовых значений, что крайне актуально для задач планирования и прогнозирования в современных торгово-финансовых отраслях. Такие сети способны приближать сложные нелинейные функции и выявлять связи между входными и выходными данными. Нейронные сети

на основе радиальных базисных функций моделируют произвольные нелинейные функции с использованием лишь одного промежуточного слоя, что освобождает разработчика от необходимости принятия решения о количестве слоев. Параметры линейной комбинации в выходном слое могут быть оптимизированы полностью с помощью широко известных методов линейной оптимизации, которые работают быстро и избегают проблем с локальными минимумами, мешающими при обучении с использованием алгоритма обратного распространения ошибки. Способность RBF-сетей автоматически настраивать параметры базисных функций и работать с различными типами данных делает их привлекательным выбором для прогнозирования продаж в различных отраслях. Использование описанной нейросетевой модели может стать важным и неотъемлемым инструментарием для современных коммерческих предприятий, для которых, в условиях высокой волатильности товарных рынков, моделирование финансовой стратегии, прогнозирование объемов продаж и последующее оптимизирование стратегии торговли принимают крайне важную и актуальную форму значимости.

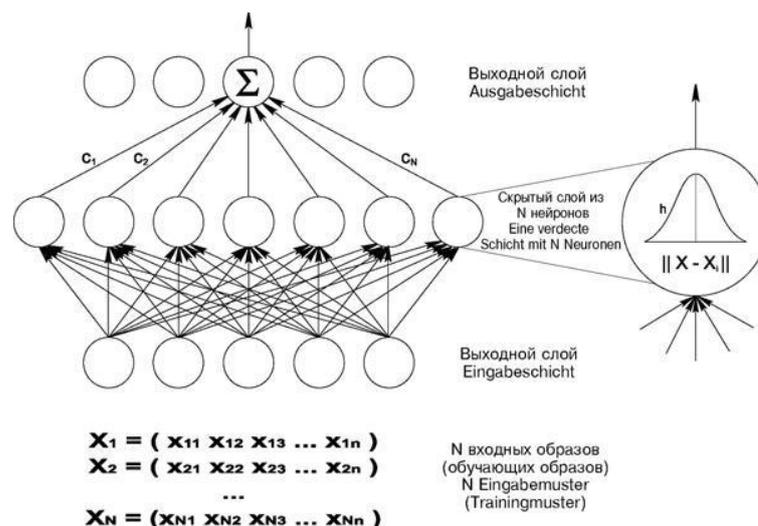


Рисунок 2. – Структура RBF-сетей

3. Генеративные соревновательные сети (Generative adversarial networks). Принцип работы нейронных сетей с конкуренцией заключается в том, что каждый нейрон внутри сети соревнуется за активацию на входных данных. GAN состоит из двух компонентов: дискриминатора, который обучается классифицировать данные как реальные или фальшивые, и генератора, который создает новые данные [5]. Эти сети широко применяются в задачах классификации, кластеризации и обучения без учителя. Генеративно-соревновательные сети представляют собой мощный и качественный инструмент для прогнозирования необходимых данных (объемы выручки, товарные остатки), способный генерировать реалистичные и разнообразные прогнозы, учитывая структуру данных и отражая реальные тенденции в продажах, что делает их привлекательным выбором для прогнозирования в различных отраслях.

4. Нейронная сеть Кохонена. Сети Кохонена относятся к самоорганизующимся нейронным сетям. Самоорганизующаяся сеть позволяет выявлять кластеры (группы) входных векторов, обладающих некоторыми общими свойствами. Каждому кластеру необходимо присвоить содержательное название, отражающее суть объектов кластера. Для этого необходимо выявить, признаки, объединяющие объекты в кластер. Это может потребовать статистического анализа свойств объекта кластера [6].

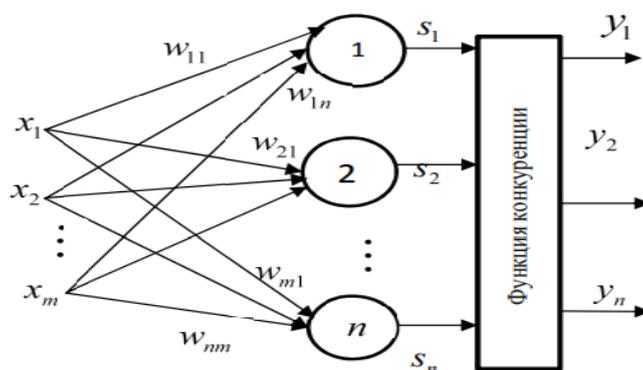


Рисунок 3. – Структура сети Кохонена

Прогнозирование онлайн продаж при помощи сетей Кохонена может быть полезными для обнаружения и анализа паттернов продаж, а также для прогнозирования будущего спроса на основе схожих образцов данных. Однако, для более точного и гибкого прогнозирования, возможно, потребуется комбинирование сетей Кохонена с другими методами прогнозирования, учитывающими сложные зависимости и изменения во времени.

### **Модель многослойного персептрона**

В данном исследовании построены 3 нейросети «MLP 21-8-1», «MLP 21-6-1», и «MLP 20-10-1» на основе многослойного персептрона (Multi-Layer Perceptron). В качестве анализируемых данных, на основе которых, были обучены прогностические модели [7,8], были взяты финансово-экономические данные предприятия Proflin-23, ведущего торговую деятельность на цифровых платформах «Вайлдберис», «Яндекс Маркет» и «Озон».

Входные узлы многослойного персептрона формируют слой, называемый входным, вычислительные нейроны образуют скрытые слои [9]. Выходной слой описываемого типа нейронной сети так же состоит из одного или нескольких узлов. Алгоритм функционирования данной нейросети заключается в распространении сигналов в прямом направлении – от входного слоя к скрытым, а затем к выходному. Обучение персептрона выполняется при помощи алгоритма обратного распространения ошибки [10].

Для многослойного персептрона выделяют два типа сигналов:

- 1.** Входной поток данных формирует функциональный сигнал и движется через всю структуру сети. Вычисление функции от взвешенной суммы входов происходит в каждом нейроне, принимающем

непосредственное участие в передаче сигнала. Сигнал достигает конечной точки сети в качестве выходных данных.

2. Нейроны на основе различных функций выполняют вычисление ошибки. На выходном слое формируется итоговый результат работы сети. Данные от входного слоя передаются на скрытый слой, который после обработки информации передает результат на следующий скрытый слой до тех пор, пока не будут достигнуты конечные узлы сети.

На изображении, представленном на рисунке 4, представлена структура нейронной сети с двумя скрытыми слоями. Сигнал передается слева направо, в прямом направлении. Каждый нейрон отдельно взятого слоя соединен со всеми узлами предыдущего и следующего слоя. Такой способ взаимосвязи узлов характеризует нейросеть как полносвязную.

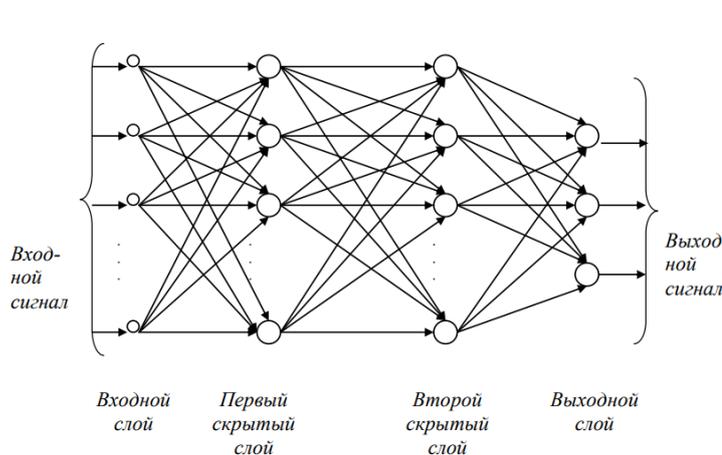


Рисунок 4. – Структура многослойного персептрона с двумя скрытыми слоями

Учитывая вышесказанное выделим ряд преимуществ многослойного персептрона в задаче прогнозирования онлайн-продаж:

1. Многослойный персептрон способен гибко подстраиваться под тип входных данных, так как информация о деятельности коммерческих предприятий может состоять из временных рядов, текстовых данных и изображений.

2. Используя корректные параметры при описании и настройке предиктивной нейросети, достижение высокой точности прогнозирования является посильной задачей для многослойного персептрона.

3. Несмотря на достаточно большие массивы данных, предоставляемые современными цифровыми коммерческими платформами, многослойный персептрон способен обучаться и достаточно быстро прогнозировать результаты.

4. Для нахождения скрытых факторов и закономерностей, многослойный персептрон способен автоматически извлекать признаки из предоставляемых данных.

К явным недостаткам модели MLP в прогнозировании онлайн-продаж относятся:

1. Для обучения и достаточно точного результата предиктивной сети необходимо большое количество данных.

2. Многослойный персептрон имеет множество параметров, корректная настройка которых является важной задачей, без решения которой разработанная сеть не будет способна прогнозировать результат с высокой точностью.

3. Многослойный персептрон склонен к переобучению на обучающих данных, что может привести к некорректным результатам прогнозирования на новых данных.

### **Построение нейронной сети**

На основе финансово-торговых показателей деятельности рассматриваемого предприятия на 3-х крупнейших маркетплейсах СНГ («Яндекс.Маркет», «Озон» и «Вайлдберис») построим прогностическую нейронную сеть. В качестве независимых переменных – предикторов модели были выбраны показатели: количество опубликованных (доступных к продаже) товаров, количество заказанных товаров в течение дня, день

---

недели и месяц (возможно наличие сезонности у тех или иных товаров) (рисунки 5,6). Показатели отображают соответствующие значения за каждый день в период с 01.03.2022 по 28.02.2023. В качестве целевой (зависимой) переменной или отклика рассматривали выручку компании.

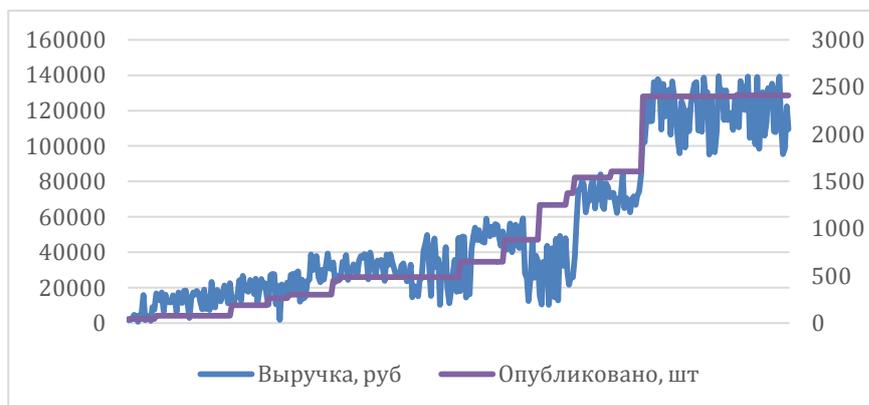


Рисунок 5. – График продаж на «Wildberries»

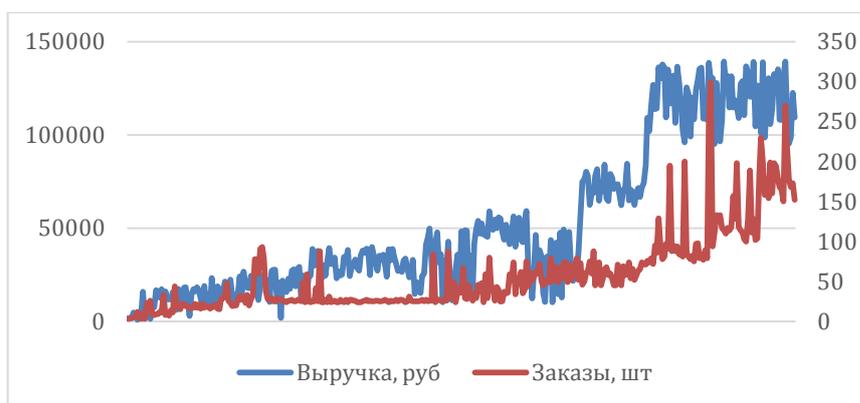


Рисунок 6. – График продаж на «Wildberries»

Для прогнозирования выручки предприятия использовали автоматизированные нейронные сети пакета STATISTICA, раздел «Временные ряды (регрессия)» [11,12]. Было обучено 1000 сетей типа многослойный перцептрон (MLP) при заданных параметрах обучения сети: минимальное число скрытых слоев – 6; максимальное число скрытых слоев – 25; остальные установки параметров взяты по умолчанию. Программа сформировала по 5 лучших нейросетей для каждой торговой площадки, среди которых были выбраны те, производительность которых оказалась наилучшей.

Производительности на обучающей, тестовой и контрольной выборке приведены в табл. 1. Наилучшие производительности имеет нейросеть, построенная по данным маркетплейса «Wildberries».

Таблица 1. Итоговые сети

Маркетплейс	Архитектура	Производит Обучения.	Контр. пр	Тестовая. пр.
Яндекс.Маркет	MLP 21-8-1	0,86	0,86	0,85
Озон	MLP 21-6-1	0,78	0,75	0,89
Вайлдберис	MLP 20-10-1	0,93	0,95	0,94

Число входов сети, определяется как сумма количества независимых непрерывных предикторов и количества значений категориальных переменных *Месяц, День Недели*; количество выходов – 1, соответствует прогнозируемому значению отклика.

Таблица 2. Предсказанные значения

День	Яндекс предсказ.	Яндекс факт.	Озон предсказ.	Озон факт.	Wildberries предсказ	Wildberries факт.
1.03.23	37125	41466	18421	15330	161958	145233
2.03.23	36288	37850	20250	16220	151617	142520
3.03.23	37499	42299	18263	16280	160917	155617

В таблице 2 приведены предсказанные нейросетями и фактические показатели выручки для каждого маркетплейса.

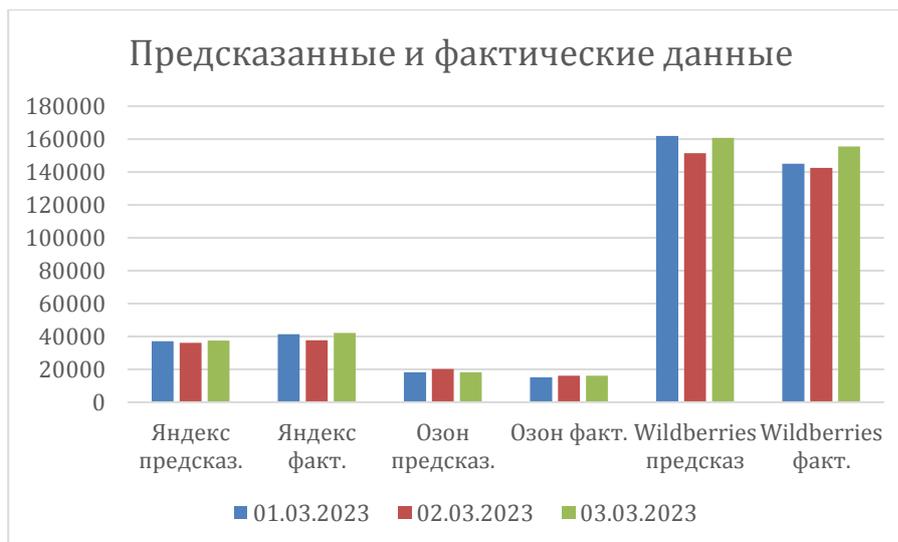


Рисунок 7 – Предсказанные и фактические данные

На рисунке 7 представлено соотношение предсказанных и фактических результатов торгово-финансовой деятельности предприятия на рассматриваемых маркетплейсах. Анализируя график, можно сделать заключение об адекватности полученных данных, отсутствии явных несоответствий и высокой точности прогноза. Предсказанная выручка для «Wildberries» оказалась наиболее точной – 89%, 94% и 96%. Полученный результат подтверждает корректность выбранных параметров и установок.

Полученная нейросетевая прогностическая модель может быть расширена, адаптирована и использована во многих отраслях экономики Краснодарского края. Перспективным является применение разработанной нейросети в задаче прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, спроса на сельскохозяйственную продукцию, а также оптимизации процессов управления ресурсами и принятия решений в сельском хозяйстве [13]. Также полученный результат можно аппроксимировать на задачу выявления спроса на туристические услуги и загрузки гостиничных объектов [14, 15], что, безусловно, поспособствует оптимизации ценообразования и маркетинговых стратегий.

## **Заключение**

С развитием математических моделей и нейронных сетей возрос интерес к применению этих методов в различных областях, включая, безусловно, прогнозирование продаж. Современные нейросетевые модели позволяют анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности, которые могут быть использованы для прогнозирования будущих продаж, трендов, показателей спроса и не только. Данная работа показывает, что при должном комплексном и научном подходе, использовании определенных методов статистического анализа, реализация заложенных целей в сегменте онлайн-продаж полностью осуществима и будет иметь практическое применение в достаточно широком спектре. Очевидно, что применение нейросетевых моделей при анализе финансово-торговой деятельности предприятия крайне актуально и, безусловно, имеет высокие перспективы развития в данной отрасли.

Современные нейросетевые модели, рассмотренные в данной работе, могут стать неотъемлемым инструментарием для современных торговых предприятий, обеспечивая им фундаментальную основу для успешной работы. Была обучена модель для прогнозирования выручки предприятия при помощи автоматизированных нейронных сетей. В дальнейшем будет собрана статистика по использованию данной модели. Актуальность разработки новых предиктивных моделей на основе нейросетей, рассмотренных в данной работе, для задачи прогнозирования выручки может быть подтверждена торговым предприятием, что в последствии может также подчеркнуть важность создания новых моделей для обеспечения успешной работы предприятий.

Разработанные в данном исследовании прогностические нейросетевые модели были успешно протестированы и интегрированы в работу

анализируемого предприятия (интернет-магазин «Proflin-23»). Руководство предприятия, исследуя прогнозируемые данные, корректирует свои действия относительно складских запасов, логистических операций, а также видоизменяет собственную политику ценообразования.

### **Литература**

1. Данилов В.В. Нейронные сети: учебное пособие // ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», 2020. 158 с.
2. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник // ООО «БиномПресс», 2007. 512 с.
3. Гафаров Ф.М., Галимянов А.Ф. Искусственные нейронные сети и их приложения: Учебное пособие // Издательство Казанского университета, 2018. 121 с.
4. Вакуленко С.А., Жихарева А.А. Практический курс по нейронным сетям: Учебное пособие // Университет ИТМО, 2018. 71 с.
5. Ian Goodfellow, Jean Pouget-Abadie Generative Adversarial Nets // Curran Associates, Inc., 2014. 9 с.
6. Круг П. Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры: Учебное пособие // МЭИ, 2002. 177 с.
7. Коваленко А.В., Уртенев М.Х., Узденов У.А. Многомерный статистический анализ предприятия // Экономико-математические методы и модели. Москва, 2009. 209–216 с.
8. Коваленко А.В. Математические модели и инструментальные средства комплексной оценки финансово-экономического состояния предприятия. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук // Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. Краснодар, 2009. 238 с.

9. Коваленко А.В. Нейронная сеть и нечёткие множества, как инструмент оценки кредитоспособности заёмщика. // В сборнике: Прикладная математика XXI века. Материалы VI объединённой научной конференции студентов и аспирантов факультета прикладной математики. 2006. 56–58 с.
10. Солдатова О. П. Нейроинформатика: Учебное пособие // СГАУ, 2013. 130 с.
11. Боровиков В. П. Нейронные сети STATISTICA Neural Networks: Методология и технология современного анализа данных: учебное пособие // Горячая линия Телеком, 2008. 392 с.
12. Коваленко А.В., Кармазин В.Н. Комплексная оценка кредитоспособности предприятий малого и среднего бизнеса на основе нечетких моделей // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2007. 81–85 с.
13. Шевченко И.В., Кармазин В.Н., Коваленко А.В. Комплексная оценка кредитоспособности предприятий малого и среднего бизнеса с помощью нечеткой продукционной системы // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2008. 81–86 с.
14. Луценко Е.В., Коваленко А.В., Печурин Е.К., Уртенев М.А.Х. Открытая персональная интеллектуальная технология разработки и применения адаптивных методик оценки инвестиционной привлекательности и кредитоспособности предприятий // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2019. URL: [ic.kubagro.ru/Source\\_data\\_applications/Applications-000130/Readme.pdf](https://ic.kubagro.ru/Source_data_applications/Applications-000130/Readme.pdf)
15. Арутюнян А.С., Коваленко А.В., Уртенев М.Х. Нейросетевые технологии финансово-экономического анализа. Краснодар, 2015. 148 с.

### References

1. Danilov V.V. Nejrorny`e seti: uchebnoe posobie [Neural networks: a textbook]. GOU VPO «Donczkij nacional`ny`j universitet», 2020. 158 p.
-

2. Xalafyan A. A. STATISTICA 6. Statisticheskij analiz danny`x: uchebnik [STATISTICA 6. Statistical data analysis: textbook]. ООО «BinomPress», 2007. 512 p.
  3. Gafarov F.M., Galimyanov A.F. Iskusstvenny`e nejronny`e seti i ix prilozheniya: Uchebnoe posobie [Artificial neural networks and their applications: A textbook]. Izdatel`stvo Kazanskogo universiteta, 2018. 121 p.
  4. Vakulenko S.A., Zhixareva A.A. Prakticheskij kurs po nejronny`m setyam: Uchebnoe posobie [A practical course on neural networks: A textbook]. Universitet ITMO, 2018. 71 p.
  5. Ian Goodfellow, Jean Pouget-Abadie Curran Associates, Inc., 2014. 9 p.
  6. Krug P. G. Nejronny`e seti i nejrokomp`yutery`: Uchebnoe posobie [Neural networks and neurocomputers: A textbook]. ME`I, 2002. 177 p.
  7. Kovalenko A.V., Urtenov M.X., Uzdenov U.A. Mnogomerny`j statisticheskij analiz predpriyatiya (Economic and mathematical methods and models). Moskva, 2009. pp. 209–216.
  8. Kovalenko A.V. Matematicheskie modeli i instrumental`ny`e sredstva kompleksnoj ocenki finansovo-e`konomicheskogo sostoyaniya predpriyatiya. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata e`konomicheskix nauk [Mathematical models and tools for a comprehensive assessment of the financial and economic condition of the enterprise. Dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences]. Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet im. I.T. Trubilina. Krasnodar, 2009. 238 p.
  9. Kovalenko A.V. Nejronnaya set` i nechyotkie mnozhestva, kak instrument ocenki kreditosposobnosti zayomshhika. Prikladnaya matematika XXI veka. Materialy` VI ob`edinyonnoj nauchnoj konferencii studentov i aspirantov fakul`teta prikladnoj matematiki. 2006. pp. 56–58.
  10. Soldatova O. P. Nejroinformatika: Uchebnoe posobie [Neuroinformatics: A textbook]. SGAU, 2013. 130 p.
-

11. Borovikov V. P. Nejrorny`e seti STATISTICA Neural Networks: Metodologiya i texnologiya sovremennogo analiza danny`x: uchebnoe posobie [Neural networks STATISTICA Neural Networks: Methodology and technology of modern data analysis: textbook]. Goryachaya liniya Telekom, 2008. 392 p.
12. Kovalenko A.V., Karmazin V.N. Kompleksnaya ocenka kreditosposobnosti predpriyatij malogo i srednego biznesa na osnove nechetkix modelej. 2007. pp. 81–85.
13. Shevchenko I.V., Karmazin V.N., Kovalenko A.V. Kompleksnaya ocenka kreditosposobnosti predpriyatij malogo i srednego biznesa s pomoshh`yu nechetkoj produkcionnoj sistemy`. 2008. pp. 81–86.
14. Lucenko E.V., Kovalenko A.V., Pechurina E.K., Urtenov M.A.X. Otkry`taya personal`naya intellektual`naya texnologiya razrabotki i primeneniya adaptivny`x metodik ocenki investicionnoj privlekatel`nosti i kreditosposobnosti predpriyatij. 2019. URL: [ic.kubagro.ru/Source\\_data\\_applications/Applications-000130/Readme.pdf](https://ic.kubagro.ru/Source_data_applications/Applications-000130/Readme.pdf)
15. Arutyunyan A.S., Kovalenko A.V., Urtenov M.X. Nejrosetevy`e texnologii finansovo-e`konomicheskogo analiza [Neural network technologies of financial and economic analysis]. Krasnodar, 2015. 148 p.

**Дата поступления: 18.03.2024**

**Дата публикации: 8.05.2024**