

УДК: 338.1

DOI: 10.18384/2949-5024-2023-4-105-115

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, КАК КЛЮЧЕВОЕ И ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Хачатурян А. А.¹, Пономарева С. В.²

¹ Институт проблем рынка Российской академии наук

117418, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 47, Российская Федерация

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет

614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский пр-т, д. 29, Российская Федерация

Аннотация

Цель. Представить научному сообществу перспективное направление развития и применения искусственного интеллекта в основных бизнес-процессах промышленных предприятий.

Процедуры и методы. При проведении исследования в качестве основных методов были использованы: системный анализ, дедукция и моделирование. Данные методы исследования позволяют систематизировать разработку и применение нейронных сетей в бизнес-процессах промышленных предприятий.

Результаты. Рассмотрены виды нейронных сетей; сопоставлены две математические модели действия персептронов по Розенблатту и Румельхарту; представлены различия между нейросетевой моделью и нейросетевой регрессионной моделью; выявлены риски и тенденции применения искусственных нейронных сетей в бизнес-процессах промышленных предприятий.

Теоретическая и практическая значимость. Развитие теоретических аспектов применения нейронных сетей является перспективным направлением в области модернизации основных бизнес-процессов промышленных предприятий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронные сети, математическая модель, промышленность, риски, бизнес-процесс

Благодарности: статья выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России по теме «Развитие методологии производства продукции двойного назначения высокотехнологичными компаниями России с использованием элементов искусственного интеллекта в условиях цифровизации экономики и санкционного давления» № 123011600034-3.

NEURAL NETWORKS AS A KEY AND PROMISING DIRECTION OF THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ACTIVITIES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

A. Khachatryan¹, S. Ponomareva²

¹ Market Economy Institute of the Russian Academy of Sciences

prosp. Nakhimovsky 47, Moscow 117418, Russian Federation

² Perm National Research Polytechnic University,

prosp. Komsomolsky 29, Perm 614990, Perm region, Russian Federation

Abstract

Aim. To present to the scientific community a promising direction for the development and application of artificial intelligence in the main business processes of industrial enterprises.

Methodology. When conducting the study, the following methods were used as the main methods: system analysis, deduction and modeling. These research methods make it possible to systematize the development and application of neural networks in the business processes of industrial enterprises.

Results. The types of neural networks are considered; compared two mathematical models of the action of perceptrons according to Rosenblatt and Rumelhart; the differences between the neural network model and the neural network regression model are presented; identified risks and trends in the use of artificial neural networks in the business processes of industrial enterprises.

Research implications. The development of theoretical aspects of the application of neural networks is a promising direction in the field of modernization of the main business processes of industrial enterprises.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, mathematical model, industry, risks, business process

Acknowledgments: The article was made within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation on the topic "Development of methodology of production of dual-use products by high-tech companies of Russia using elements of artificial intelligence in the conditions of digitalization of the economy and sanctions pressure" No. 123011600034-3

Введение

Развитие нейронных сетей является одним из ключевых направлений развития искусственного интеллекта в настоящее время. Нейронные сети являются системами, которые имитируют работу человеческого мозга, проводят обработку входных данных и выдачу результата. Их возможности и применения с каждым годом становятся всё более разнообразными. Нейросети в настоящее время используются в таких областях, как обработка изображений и видео, распознавание речи, машинный перевод, распознавание лиц и голосов, рекомендательные системы и обработка естественного языка. Благодаря возможности обучения на большом объёме данных, нейронные сети могут достигать результатов, которые казались бы невозможными ранее. Одним из наиболее значимых событий в мире машинного обучения была победа компьютерной программы AlphaGo в игре Го над человеком, который является одним из самых сложных и непредсказуемых настольных игр. Успех AlphaGo был достигнут благодаря использованию глубоких нейронных сетей, что показало, насколько мощным средством они могут быть в решении сложных задач. С развитием технологии нейросетей возникает и нетрадиционный спрос на процессоры, которые способны обрабатывать массивы данных для искусственных нейронных сетей.

Научная проблема, которая требует решения от научного сообщества. Применение искусственных нейронных сетей стимулирует инновации в области аппаратных средств и компьютерной архитектуры, что может привести к новым взглядам на архитектуру компьютеров в будущем. Однако возможности, которые можем получить от развития нейронных сетей, также вызывают вопросы безопасности и приватности данных, что приводит к необходимости внедрения этических норм в области искусственного интеллекта.

Цель и задачи исследования. Цель исследования: представить научному сообществу новый взгляд на нейронные сети как ключевое и перспективное направление развития и применения искусственного интеллекта в основных бизнес-процессах промышленных предприятий. Задачи исследования: рассмотреть и

сравнить две математические модели, которые произвели революцию в продвижении персептронов.

Объект исследования – промышленные предприятия, а **предмет исследования** – искусственные нейронные системы в основных бизнес-процессах.

При проведении исследования в качестве **основных методов** были использованы: системный анализ, дедукция и моделирование. Данные методы исследования позволяют систематизировать и структурировать разработку и применение нейронных сетей в бизнес-процессах промышленных предприятий.

Степень изученности материалов исследования. На взгляд авторов научной статьи, данная тема недостаточно изучена в отечественной и зарубежной литературе; среди трудов следует отметить вклад авторов: Н. В. Абдуллаев, М. А. Баранова изучали применение искусственных нейронных сетей в экономике [1, с. 22–28]; Р. О. Болотов сформировал собственное мнение о применении нейронных сетей для оценки финансовой устойчивости компаний [2, с. 106–110]; Р. О. Власов рассмотрел в своём научном труде особенности использования нейронных сетей в экономике в современных условиях [3, с. 108–113]; С. С. Власов, Е. Е. Васильева указали возможности использования нейронных сетей при подготовке кадров для инновационной экономики [4, с. 30–44]; К. Х. Зоидов, С. В. Пономарева, Д. И. Серебрянский показали стратегическое планирование и перспективы применения искусственного интеллекта в высокотехнологичных промышленных предприятиях Российской Федерации [5, с. 15–99]; Е. Козак показал применение нейронных сетей в экономике [6, с. 113–119]; Д. В. Клевцов изучил перспективы использования нейронных сетей в современной экономике [7, с. 289–296]; В. А. Науменко показал применение нейронных сетей для решения практических задач в экономике [8]; В. М. Пономарев, С. В. Пономарева, А. А. Жигит рассмотрели стратегическое планирование, адаптацию и применение искусственных нейронных сетей в ракетно-космической промышленности Российской Федерации [9, с. 128–135]; С. В. Пономарева, А. К. Сагидуллин показали современные IT-решения и оборудование в машиностроительных промышленных предприятиях России [10, с. 77–84]; Л. Е. Пынько, Е. В. Толкачева изучили применение нейронных сетей в регрессионном анализе регионального управления цифровизацией экономики [11, с. 126–134]; Ф. Розенблатт показал принципы нейродинамики: перцептроны и теорию механизмов мозга [12, с. 100–220]; Э. А. Семенова, С. М. Цепкова показали нейронные сети как финансовый инструмент [13, с. 168–175]; А. А. Хачатурян, С. В. Пономарева, К. И. Бокова планировали основные показатели деятельности с применением когнитивного моделирования на промышленных предприятиях Российской Федерации [14, с. 35–43]; Д. Э. Румельхард доказал математически о существовании обучаемости персептрона [15, с. 191–218].

Результаты исследования

Искусственные нейронные сети (ИНС) могут играть важную роль в экономике предприятия в различных областях:

1. Прогнозирование спроса и продаж. ИНС могут использоваться для анализа и прогнозирования спроса на товары и услуги предприятия, базируясь на исторических данных, клиентских обращениях и сезонных факторах. Это позволяет предприятию оптимизировать свои запасы и расписание производства, что ведёт к более эффективному использованию ресурсов.

2. Анализ финансовой отчётности. ИНС могут использоваться для анализа финансовых отчётов предприятия, позволяя выявлять тренды и отклонения, а также

прогнозировать будущие показатели. Это позволяет предприятию управлять финансами более эффективно и принимать лучшие решения по инвестированию и распределению средств.

3. Обработка некорректных данных. ИНС могут использоваться для обнаружения ошибок и некорректных данных в базе данных предприятия. Это помогает избежать ошибок при анализе и принятии решений на основе этих данных.

4. Анализ клиентского поведения. ИНС могут использоваться для анализа клиентской базы данных предприятия и выявления паттернов поведения клиентов. Это позволяет предприятию принимать меры по удержанию клиентов, а также создавать более эффективные маркетинговые стратегии.

5. Оптимизация логистики. ИНС могут использоваться для оптимизации логистических задач, таких как расписание доставки, оптимальный выбор маршрута и управление складскими запасами. Это позволяет предприятию сократить расходы и увеличить эффективность в области логистики.

В целом, использование ИНС в экономике предприятия помогает рационализировать процессы, повысить эффективность использования ресурсов и создать более прогнозируемую и стабильную экономическую среду для бизнеса.

Существует множество различных видов нейронных сетей. Они отличаются друг от друга по структуре, способу обучения и задачам, для решения которых они могут быть применены. Некоторые из наиболее распространённых видов нейронных сетей:

1. Нейронные сети прямого распространения (фидфоровард) – это наиболее часто используемый тип нейронных сетей. Они используются для задач классификации, регрессии, распознавания изображений и др. В них информация перемещается от входных нейронов через скрытые слои до выходных нейронов.

2. Рекуррентные (recurrent) нейронные сети издают задачи, в которых имеются последовательности. В отличие от feedforward сетей рекуррентные сети имеют возможность передавать информацию между своими нейронами, что позволяет им лучше обрабатывать последовательности, такие как естественный язык, речь, временные ряды.

3. Сверточные (convolutional) нейронные сети – это специальные сети, которые обычно используются для анализа изображений. Они отличаются от feedforward сетей тем, что имеют сверточные слои вместо полносвязанных, что позволяет им обнаруживать локальные признаки изображений.

4. Многослойные перцептроны (multilayer perceptron) – это наиболее простая и широко используемая нейронная сеть, которая состоит из нескольких скрытых слоёв. Она может использоваться для распознавания образов и решения задач классификации и регрессии.

5. Глубокие нейронные сети (deep neural networks) – это нейронные сети, которые состоят из множества слоёв и имеют возможность обрабатывать большие объёмы данных с высокой точностью. Они используются в таких областях, как распознавание изображений, обработка естественного языка и др.

Кроме вышеперечисленных, существует множество других разновидностей нейронных сетей, которые могут быть применены для решения различных задач.

Целесообразно рассмотреть и сравнить две математические модели, которые произвели революцию в продвижении персептронов:

1. Математическая модель Розенблатта – это модель действия персептронов, которая описывается следующим образом: пусть имеется набор входных данных, обозначенный как [12, с. 100–120]:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n).$$

И соответствующий выходной сигнал y . Каждый из входных сигналов взвешивается определённым весом, обозначенным как:

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n).$$

Эти веса являются регулируемыми параметрами модели и могут быть изменены в процессе обучения. Далее, взвешенные входные сигналы суммируются и подаются на функцию активации a , которая генерирует выходной сигнал y . Функция активации может быть как линейной, так и нелинейной. Формально, процесс вычисления выходного сигнала y можно записать следующим образом:

$$y = a(w * x),$$

где $*$ обозначает операцию скалярного произведения векторов весов и входных сигналов, а функция активации a определяется как:

$$a(z) = 1, \text{ если } z \geq 0,$$

$$\text{и } a(z) = 0, \text{ если } z < 0.$$

Модель Розенблатта может быть использована для классификации двух классов путём определения разделяющей прямой для входных данных [12]. Обучение модели Розенблатта заключается в настройке весовых коэффициентов с использованием алгоритма обратного распространения ошибки [12].

2. Многослойный перцептрон (Multilayer Perceptron или MLP) – это частный случай искусственной нейронной сети, который использует несколько слоёв и нелинейности, чтобы выполнять задачи классификации, регрессии, аппроксимации, оптимизации и т. д. Общая формула для многослойного перцептрона по Румельхарту [15, с. 191–218] выглядит так:

$$Sh(x) = f_K(w_K f_{K-1}(w_{K-1} \dots f_2(w_2 f_1(w_1 x)))S,$$

здесь SxS – входные данные (например, значения признаков), $SwiS$ – веса для каждого слоя, $SfiS$ – нелинейная функция активации для каждого слоя, $Sh(x)S$ – вывод модели (например, предсказанный класс).

Формула для нелинейной функции активации сигмоидального слоя выглядит так:

$$Sf(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}S.$$

Формула для нелинейной функции активации гиперболического тангенса слоя выглядит так:

$$Sf(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}S.$$

Представим сравнительную характеристику многослойного перцептрона по Розенблатту [12, с. 120–155] и Румельхарту [15, с. 191–218] (табл. 1).

Оба типа многослойных перцептронов (табл. 1) являются нейронными сетями и используются для обработки данных. Они могут использоваться для решения различных задач, таких как распознавание образов, классификация данных и прогнозирование. Однако многослойный перцептрон по Румельхарту [15] более гибок и универсален в сравнении с многослойным перцептроном по Розенблатту [12].

Таблица 1 / Table 1

Сравнительная характеристика многослойного персептрона по Розенблатту и Румельхарту / Comparative characterization of multilayer perceptron by Rosenblatt and Rumelhart

Признак сравнения	Многослойный персептрон по Розенблатту	Многослойный персептрон по Румельхарту
Год открытия	Был предложен в 1960 г.	Был предложен в 1986 г.
Количество скрытых слоев	Состоит только из одного скрытого слоя	Состоит из нескольких скрытых слоев
Функция активации	Использует жесткую функцию активации	Использует более гибкие функции активации
Обучение	Обучение происходит методом градиентного спуска	Обучение происходит с использованием обратного распространения ошибки
Способность работать с нелинейными функциями	Многослойный персептрон по Розенблатту не способен работать с нелинейными функциями	Многослойный персептрон по Румельхарту способен работать с нелинейными функциями

Источник: [12; 15].

Последователи исследований Розенблатта и Румельхарта создали нейросетевую модель и нейросетевую регрессионную модель. Нейронная модель – это математический подход, разработанный для создания компьютерных программ, которые можно обучать на основе данных, а затем использовать для выполнения сложных задач, включая распознавание образов, классификацию данных, управление системами и принятие решений. Концепция нейронных моделей основана на аналогии с биологической нервной системой, которая обеспечивает способность человека к распознаванию образов, обучению и принятию решений. В нейронных моделях используются искусственные нейроны, которые являются базовыми единицами обработки информации и связаны с помощью взвешенных связей. Одним из наиболее известных примеров нейронной модели является нейронная сеть, которая состоит из многих взаимосвязанных искусственных нейронов. Например, глубокие нейронные сети являются специальным видом модели, имеющим слои из многих искусственных нейронов, расположенных друг за другом. По мере того, как нейронная модель обучается на определённых данных, она становится всё более точной и эффективной в выполнении определенных задач. Однако обучение нейронных моделей является сложной задачей, требующей большого количества данных и специальных методов обучения.

Нейронная регрессионная модель, в отличие от нейронной модели, используется для прогнозирования численных значений. Она представляет собой алгоритм машинного обучения, предназначенный для аппроксимации функции, которая связывает входные данные с числовым выходом. При создании нейронной регрессионной модели используется один или несколько нейронов, что принимают на вход значения признаков и выдают на выходе численное предсказание, являющееся аппроксимацией функции. В процессе обучения модель подстраивает веса связей между нейронами таким образом, чтобы минимизировать ошибку прогнозирования на тренировочном наборе данных. Нейронные регрессионные модели могут быть использованы в различных областях, например, в экономике для прогнозирования цен на товары, в физике для прогнозирования параметров материалов, в медицине для прогнозирования заболеваемости и т. д. Многие нейронные

регрессионные модели имеют несколько слоёв нейронов, что позволяет создавать более мощные модели и повышать их точность. Представим таблицу сравнения между нейросетевой моделью и нейросетевой регрессионной моделью (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Сравнительная характеристика нейросетевой модели и нейросетевой регрессионной модели / Comparative characterization of neural network model and neural network regression model

№	Основные пункты сравнения	Нейросетевая модель	Нейросетевая регрессионная модель
1	Задача	Решение задач классификации, аппроксимации или оптимизации	Решение задач регрессии
2	Основной тип входных данных	Категориальные (к примеру, цвет, форма, размер) или количественные (к примеру, возраст, высота, температура)	Количественные (к примеру, зарплата, площадь, население)
3	Основной тип выходных данных	Категориальные (к примеру, класс объекта) или количественные (к примеру, рейтинг объектов)	Количественные (к примеру, цена объекта)
4	Задача обучения	Классификация	Предсказание
5	Активационная функция для выходного слоя	Обычно используется функция софтмакс для задач классификации	Обычно не используется функция активации для выходного слоя, т. к. выход сети должен быть соответствующим значению регрессии
6	Примеры применения	Распознавание образов, определение темперамента человека, автоматическое определение языка текста	Предсказание зарплаты на основе опыта, образования, рабочей сферы и т. д.

Сравнительные данные, представленные в табл. 2, помогают понять различия между нейросетевой моделью и нейросетевой регрессионной моделью. Отметим риски, которые свойственны применению искусственных нейронных сетей:

1. Недостаток точности: некоторые искусственные нейронные сети могут иметь недостаточно точную работу, что может привести к ошибкам в принятии решений и потере прибыли.

2. Непредсказуемость: иногда искусственные нейронные сети могут обучаться неожиданным моделям, что приводит к непредсказуемым результатам и возможным ошибкам.

3. Недостаточное количество данных: искусственные нейронные сети требуют большого количества данных для обучения, и, если данные недостаточны или неточны, результаты работы сети могут быть неудовлетворительными.

4. Зависимость от программистов: использование искусственных нейронных сетей требует большого количества знаний и опыта программирования, и в случае отсутствия компетентных программистов, бизнес может столкнуться с трудностями.

5. Обучение и поддержка: обучение искусственных нейронных сетей требует времени и ресурсов, и полная поддержка сетей может стать дорогостоящей для небольших компаний.

6. Безопасность: использование искусственных нейронных сетей может привести к угрозам безопасности и конфиденциальности, т. к. сети имеют доступ к большому количеству данных.

7. Этические вопросы: некоторые виды искусственных нейронных сетей могут привести к нарушению этики и личной приватности, что может повредить репутации бизнеса.

Нейронные сети могут быть очень полезны в производственной деятельности промышленного предприятия, в т. ч. в основных бизнес-процессах. Они могут использоваться для различных целей, таких как:

1. Прогнозирование спроса на продукцию. Нейронные сети могут анализировать данные о продажах в прошлом и предсказывать будущие тенденции.

2. Контроль качества продукции. Нейронные сети могут анализировать данные о параметрах процесса производства и определять, соответствует ли продукция стандартам качества.

3. Оптимизация производственного процесса. Нейронные сети могут анализировать данные о производственных процессах и оптимизировать их, чтобы повысить эффективность и снизить расходы.

4. Мониторинг состояния оборудования. Нейронные сети могут анализировать данные о состоянии оборудования и определять, когда оно нуждается в техническом обслуживании или замене.

5. Прогнозирование неисправностей оборудования. Нейронные сети могут анализировать данные о работе оборудования и предсказывать возможные неисправности, что позволит проводить профилактические мероприятия.

В целом, нейронные сети могут значительно улучшить производственную деятельность промышленного предприятия, повысив эффективность, качество и экономическую эффективность производства.

Заключение

В последние годы, благодаря увеличению доступности больших объёмов данных, вычислительных возможностей и потребности в решении сложных задач, нейронные сети стали все более популярны в различных областях, включая компьютерное зрение, распознавание речи, обработку естественного языка, робототехнику и т. д.

Одной из важных тенденций развития нейронных сетей является расширение спектра применения, например, электронная коммерция, рекомендательные системы, создание интеллектуальных агентов и т. д. Нейронные сети сегодня также пытаются перейти на новый уровень осознания, становясь «глубокими», что позволяет им выполнять ещё более сложные задачи.

Другая тенденция в развитии нейронных сетей – использование более сложных архитектур для достижения лучшего качества обучения и точности. Например, рекуррентные нейронные сети (RNN) и сверточные нейронные сети (CNN) в совокупности могут использоваться для обработки различных типов данных, включая временные ряды, изображения и звук.

Ещё одна тенденция в развитии нейронных сетей – это использование более эффективных методов обучения, таких как «глубокое обучение с подкреплением», «дифференцируемое программирование», а также «ошибки раннего прекращения обучения», которые позволяют повышать точность работы и скорость обучения.

Стоит также отметить, что вместе с улучшением алгоритмов обучения нейронных сетей, увеличивается важность безопасности и прозрачности работы алгорит-

мов, особенно при работе с конфиденциальными данными и в решении сложных этических задач.

В заключение, можно сказать, что развитие нейронных сетей является одним из наиболее перспективных направлений в области искусственного интеллекта. Его развитие открывает новые возможности для промышленных предприятий Российской Федерации, которые позволяют улучшать основные бизнес-процессы промышленных предприятий, но также требуют внимания к этике и приватности данных в этой области.

Статья поступила в редакцию 06.08.2023.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев Н. В., Баранова М. А. Применение искусственных нейронных сетей в экономике // Наука Красноярья. 2023. Т. 2. № 1–2. С. 22–28.
2. Болотов Р. О. О применении нейронных сетей для оценки финансовой устойчивости компаний // Russian Journal of Management. 2020. Т. 8. № 1. С. 106–110.
3. Власов А. В. Особенности использования нейронных сетей в экономике, в современных условиях // Вестник Юридического института МИИТ. 2019. № 1 (25). С. 108–113.
4. Власов С. С., Васильева Е. Е. Возможности использования нейронных сетей при подготовке кадров для инновационной экономики // Инновационное развитие экономики: тенденции и перспективы. 2019. Т. 1. С. 30–44.
5. Зоидов К. Х., Пономарева С. В., Серебрянский Д. И. Стратегическое планирование и перспективы применения искусственного интеллекта в высокотехнологичных промышленных предприятиях Российской Федерации: монография. М.: ИПР РАН, 2019. 115 с.
6. Козак Е. Применение нейронных сетей в экономике // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Т. 11. № 5–1. С. 113–119.
7. Клевцов Д. В. Перспективы использования нейронных сетей в современный экономике // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2020. № 1. С. 289–296.
8. Науменко В. А. Применение нейронных сетей для решения практических задач в экономике // Вектор экономики (электронный журнал). 2019. № 10. URL: <http://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2019/10/mathematicalmethods/Naumenko.pdf> (дата обращения: 21.05.2023).
9. Пономарев В. М., Пономарева С. В., Жигит А. А. Стратегическое планирование, адаптация и применение искусственных нейронных сетей в ракетно-космической промышленности Российской Федерации // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 5–1. С. 128–135.
10. Пономарева С. В., Сагидуллин А. К. Современные IT-решения и оборудование в машиностроительных промышленных предприятиях России // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2022. № 1. С. 77–84.
11. Пынько Л. Е., Толкачева Е. В. Применение нейронных сетей в регрессионном анализе регионального управления цифровизацией экономики // Власть и управление на Востоке России. 2020. № 3 (92). С. 126–134.
12. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики: Перцептроны и теория механизмов мозга. М.: Мир, 1965. 480 с.
13. Семенова Э. А., Цепкова С. М. Нейронные сети как финансовый инструмент // Информатика. Экономика. Управление. 2022. Т. 1. № 2. С. 168–175.
14. Хачатурян А. А., Пономарева С. В., Бокова К. И. Планирование основных показателей деятельности с применением когнитивного моделирования на промышленных пред-

приятиях Российской Федерации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2019. Т. 9. № 1. С. 35–43.

15. Rumelhart D. E. A multicomponent theory of the perception of briefly exposed visual displays // *Journal of Mathematical Psychology*. 1970. № 7. P. 191–218. DOI: 10.1016/0022-2496(70)90044-1

REFERENCES

1. Abdullaev N. V., Baranova M. A. [The use of artificial neural networks in the economy]. In: *Nauka Krasnoyarsk* [Science of Krasnoyarsk], 2023, vol. 12, no. 1–2, pp. 22–28.
2. Bolotov R. O. [On the use of neural networks to assess the financial stability of companies]. In: *Russian Journal of Management*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 106–110.
3. Kozak E. [The use of neural networks in the economy]. In: *Ekonomika: vchera, segodnia, zavtra* [Economics: yesterday, today, tomorrow], 2021, vol. 11, no. 5–1, pp. 113–119.
4. Khachaturyan A. A., Ponomareva S. V., Bokova K. I. [Planning of key performance indicators using cognitive modeling at industrial enterprises of the Russian Federation]. In: *Ekonomika i upravlenie: problema, resheniia* [Economics and Management: Problems, Solutions], 2019, vol. 9, no. 1, pp. 35–43.
5. Klevtsov D. V. [Prospects for the use of neural networks in the modern economy]. In: *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologii Integral* [Integral International Journal of Applied Sciences and Technologies], 2020, no. 1, pp. 289–296.
6. Naumenko V. A. [Application of neural networks for solving practical problems in the economy]. In: *Vektor ekonomiki (e-journal)* [Vector of Economics: electronic scientific journal], 2019, no. 10 (40). Available at: <http://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2019/10/mathematicalmethods/Naumenko.pdf> (accessed: 05.05.2023).
7. Ponomarev V. M., Ponomareva S. V., Zhigit A. A. [Strategic planning, adaptation and application of artificial neural networks in the rocket and space industry of the Russian Federation]. In: *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law], 2019, no. 5–1, pp. 128–135.
8. Ponomareva S. V., Sagidullin A. K. [Modern IT-solutions and equipment in machine-building industrial enterprises of Russia]. In: *Problemy mashinostroeniia i avtomatizatsii* [Problems of mechanical engineering and automation], 2022, no. 1, pp. 77–84.
9. Pynko L. E., Tolkacheva E. V. [The use of neural networks in the regression analysis of regional management of the digitalization of the economy]. In: *Vlast i upravlenie na Vostoke Rossii* [Power and management in the East of Russia], 2020, no. 3 (92), pp. 126–134.
10. Rosenblatt F. *Printsipy neirodinamiki: Pertseptrony i teorii mekhanizmov mozga* [Principles of Neurodynamic: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms]. Moscow, Mir Publ., 1965. 480 p.
11. Rumelhart D. E. A multicomponent theory of the perception of briefly exposed visual displays *Journal of Mathematical Psychology*. In: *Journal of Mathematical Psychology*, 1970, no. 7, pp. 191–218. DOI: 10.1016/0022-2496(70)90044-1
12. Semenova E. A., Tsepkova S. M. [Neural networks as a financial instrument]. In: *Informatika. Ekonomika. Upravlenie* [Informatics. Economy. Control], 2022, vol. 1, no. 2, pp. 168–175.
13. Vlasov A. V. [Features of the use of neural networks in the economy, in modern conditions]. In: *Vestnik Iuridicheskogo instituta Rossiiskii universitet transporta* [Bulletin of the Law Institute of Russian University of Transport], 2019, no. 1 (25), pp. 108–113.
14. Vlasov S. S., Vasileva E. E. [Possibilities of using neural networks in the training of personnel for the innovation economy]. In: *Innovatsionnoe razvitie ekonomiki: tendentsii i perspektivy* [Innovative development of the economy: trends and prospects], 2019, vol. 1, pp. 30–44.
15. Zoidov K. Kh., Ponomareva S. V., Serebryansky D. I. *Strategicheskoe planirovanie i perspektivy primeneniia iskusstvennogo intellekta v vysokotekhnologichnykh promyshlennnykh predpriiati-*

iakh Rossiiskoi Federatsii [Strategic planning and prospects for the use of artificial intelligence in high-tech industrial enterprises of the Russian Federation]. Moscow, Institute of Market Problems of the Russian Academy of Sciences Publ., 2019. 115 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Хачатурян Арутюн Арутюнович – доктор экономических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Института проблем рынка РАН;
e-mail: karutyun@yandex.ru

Пономарева Светлана Васильевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления промышленным производством Пермского национального исследовательского политехнического университета;
e-mail: psvpon@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Arutyun A. Khachaturyan – Dr. Sci. (Economics), Prof., Deputy Director for Research, Institute of Market Problems RAS;
e-mail: karutyun@yandex.ru

Svetlana V. Ponomareva – Cand. Sci. (Economics), Assoc. Prof., Department of Economics and Industrial Production Management, Perm National Research Polytechnic University;
e-mail: psvpon@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Хачатурян А. А., Пономарева С. В. Нейронные сети, как ключевое и перспективное направление развития и применения искусственного интеллекта в деятельности промышленных предприятий // Вестник Государственного университета просвещения. Серия: Экономика. 2023. № 4. С. 105–115.

DOI: 10.18384/2949-5024-2023-4-105-115

FOR CITATION

Khachaturyan A. A., Ponomareva S. V. Neural networks as a key and promising direction of the development and application of artificial intelligence in the activities of industrial enterprises. In: *Bulletin of State University of Education. Series: Economics*, 2023, no. 4, pp. 105–115.

DOI: 10.18384/2949-5024-2023-4-105-115