



УДК 004.896

DOI 10.18413/2411-3808-2018-45-3-574-583

**ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
В УПРАВЛЕНИИ СОЦИАЛЬНЫМИ И ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ****REVIEW OF APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS
IN THE MANAGEMENT OF SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS****Д.А. Тетерин, Р.Ш. Хабибулин, С.В. Гудин
D.A. Teterin, R.Sh. Khabibulin, S.V. Gudin**Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4

Fire State Academy of EMERCOM of Russia, 4 Boris Galushkin St, Moscow, 129366, Russia

E-mail: mynativeneverdie@gmail.com, kh-r@yandex.ru, sergey.gudin@firerisks.ru

Аннотация

Искусственные нейронные сети (ИНС) предлагают альтернативный способ решения сложных и нечетких проблем. Они могут учиться на примерах, являются отказоустойчивыми, они способны обрабатывать неполные данные, справляться с нелинейными проблемами, а после обучения могут выполнять прогноз и обобщение результатов с высокой скоростью. Искусственные нейронные сети в настоящее время широко используются при решении самых разных задач и активно применяются там, где обычные алгоритмические решения оказываются неэффективными или вовсе невозможными: в управлении, робототехнике, распознавании образов, прогнозировании, медицине, энергетических системах, производстве, оптимизации и обработке сигналов. В данной статье представлена актуальность систем искусственного интеллекта (ИИ), проанализированы работы в области ИНС в управлении социальными и экономическими системами, сделаны выводы о проведенном анализе и намечены дальнейшие действия. Результат анализа показал, что перспективным направлением дальнейших исследований в области ИНС является совершенствование управления безопасностью на опасных производственных объектах.

Abstract

Artificial neural networks (ANN) offer an alternative way to tackle complex and ill-defined problems. They can learn from examples, are fault tolerant in the sense that they are able to handle noisy and incomplete data, are able to deal with non-linear problems, and once trained can perform predictions and generalizations at high speed. ANN are now widely used in solving a variety of problems and are actively used where conventional algorithmic solutions are ineffective or impossible: control, robotics, pattern recognition, forecasting, medicine, power systems, manufacturing, optimization and signal processing. In this article, the relevance of artificial intelligence (AI) systems is presented, the work in the field of ANN in the management of social and economic systems is analyzed and a conclusion is drawn about the analysis carried out and outlines further action. The result of the analysis showed that the future directions of further research in the field of ANN is the improvement of safety management at hazardous production facilities.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, социальные и экономические системы, управление безопасностью, системы поддержки принятия решения.

Keywords: artificial neural network, social and economic systems, security management, decision support systems.

Введение

За последние десятилетия информационные технологические системы достигли высокой степени развития. Это привело к тому, что большинство современных компаний применяют автоматизированные средства, позволяющие достаточно эффективно хранить, обрабатывать и распределять накопленные данные. Информационные системы поддержки принятия решений (СППР) пришли к этому этапу из-за формирования административных информативных концепций и систем управления базами данных (СУБД) и представляют собой системы, адаптированные к постановке вопросов и решению проблем в различных сферах. Данный инструмент помогает решить сложные неструктурированные задачи. Как правило, СППР являются результатом междисциплинарного исследования, которое включает в себя теории баз данных, методов имитационного моделирования, ИИ, ИНС, ситуационного анализа и интерактивных компьютерных систем. При решении управленческих задач, с которыми сложно справиться человеку, возникает необходимость в создании и использовании систем ИИ для принятия решений, т. е. интегрированных интеллектуальных систем управления. Создание этих систем стало доступным благодаря развитию интеллектуального управления, основанного на разработках в области ИИ.

Во многих российских и иностранных статьях анализируются различные стороны интеллектуальной деятельности человека, такие как умение пользоваться, приобретать, анализировать и воспроизводить знания, возможность предугадывать результат события, обобщать накопленные знания, использовать аналогичные методы решения подобных задач. Когнитивная деятельность лица, принимающего решения (ЛПР), связана с нахождением ответов в непростых управленческих задачах. К интеллектуальным функциям человека относятся восприятие, поиск, сравнение, индукция, дедукция, интуиция, прогнозирование, вычисление, творчество, классификация, выбор, ассоциация и т. п.

Существуют три важные задачи, которые ставятся перед теорией ИИ [Карелин, 2011]. Первой (основной) целью теории ИИ является научное объяснение и обоснование мыслительного процесса человека, а также прогнозирование вероятности внедрения мыслительных функций в компьютерные и технические системы. Вторая (теоретическая естественно-научная) задача заключается в знании устройств и методик воплощения всевозможных функций мозга, анализа и обработки информации, а также создание моделей этих функций. Третья (практическая, эмпирическая) цель заключается в решении неотложных задач, которые характеризуются наивысшей степенью трудности и неструктурированности и с которыми человеческий разум не может справиться без поддержки технических и компьютерных средств. Итогом достижения данных целей станет автоматизация работы ЛПР, которая позволит расширить способности человеческого мышления и увеличить его возможности.

С точки зрения ИИ, каждая система, претендующая на название «система ИИ на основе ИНС», может включать в себя следующие подсистемы [Энгель, 2011]:

- подсистему ввода и распознавания информации для фильтрации необходимых входных данных;
 - подсистему обучения, позволяющую вывести новую информацию внутри системы, чтобы получать наиболее точные данные для получения оптимального результата;
 - подсистему представления знаний, которая используется для накопления и хранения информации, для быстрого решения похожих задач;
 - подсистему целеполагания, т.е. выработки целей и принятия решений;
 - подсистему взаимодействия и общения, которая позволяет ЛПР и ИНС производить общение на одном языке, понятном обеим сторонам взаимодействия;
 - подсистему осуществления принятых решений, необходимую при решении некоторых конкретных задач, в которых ЛПР играет роль наблюдателя и корректировщика.
- В основном, это задачи, решение которых не представляет угрозы для жизни и здоровья людей.

Благодаря подсистемам ИНС раскрывается интеллектуальность системы для выработки индивидуальных решений в различных ситуациях. Иногда, в зависимости от поставленной задачи, ИНС может обходиться без некоторых подсистем.

Интеллектуальность СППР подразумевает присутствие в системе собственной модели мира. Данная модель обеспечивает самостоятельность системы при оценке задачи и принятии решения, индивидуальность в выводах, способность семантически интерпретировать входящий запрос в соответствии с собственной базой знаний, умение в кратчайшие сроки выработать ответ [Каширина, 2015].

Что касается точности результатов систем ИИ и человека, системы ИИ могут совершать ошибки, но с каждым годом количество этих ошибок уменьшается. Специалисты в различных сферах не отрицают, что иногда человек является причиной ошибок и отказов систем на объектах. Это означает, что конкретный работник в области управления играет немаловажную роль. На рисунке 1 можно заметить, как процент неправильных результатов от ИНС уменьшается с каждым годом.

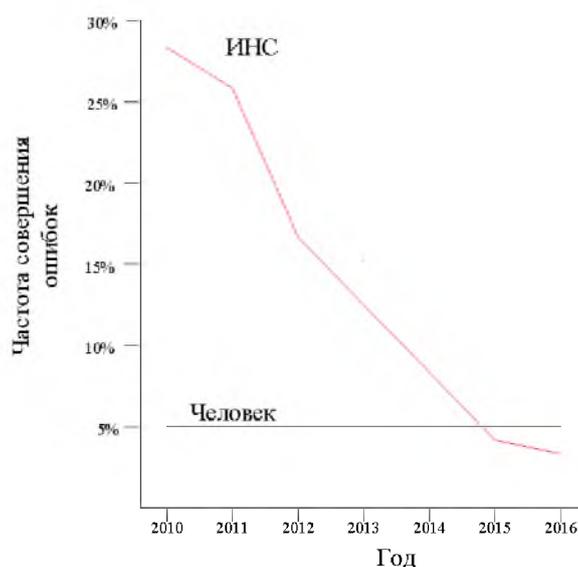


Рис. 1. Частота совершения ошибок ИНС и человеком в период с 2010 по 2016 годы в социальных и экономических системах [Erik Brynjolfsson, 2017]

Fig. 1. The frequency of mistakes in ANN and human in the period from 2010 to 2016 in social and economic systems [Erik Brynjolfsson, 2017]

Из рисунка следует, что ИНС с каждым годом становится более точной моделью, благодаря своему свойству интеллектуальности, способности к разработке решения, которое в готовом виде не содержится в системе. В этом свойстве выражается способность системы к мышлению. Данное свойство проявляется как способность системы анализировать и предлагать новую интеллектуальную информацию, которая не заложена в чистом виде в систему, т.е. интеллектуальная система является своего рода генератором новых идей и путей решения. Это свойство можно применить в организации управления социальными и экономическими системами. Для определённых сценариев управления ИНС будет генерировать свои пути решения.

Обзор работ с указанием основных результатов

Над применением ИСППР работает множество учёных и научных коллективов в мире. Рассмотрим ряд работ, опубликованных в период с 2007 по 2017 годы.

В работе [Антюхов, 2017] рассматриваются вопросы создания и моделирования системы интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц и процессов, протекающих в ней, с целью её последующей алгоритмизации и внедрения результатов в практическую деятельность сотрудников структурных подразделений ЦУКС МЧС



России. Изложена актуальность систем ИИ в данной области. Проведён качественный анализ сферы исследования и продемонстрирован предполагаемый алгоритм будущей реализации поставленной задачи.

Авторы статьи [Зозуля, 2013] ставят перед собой две задачи, первой из которых является выбор и осуществление способов оперативной диагностики узлов производства и технологических процессов, а второй – построение структуры системы поддержки принятия решений по безопасному управлению нефтехимическим предприятием, адекватной структуре производства, так как не было встречено созданных структур для данного типа задач. Для решения поставленных проблем участники проекта разрабатывают программный комплекс СППР, реализующий интеллектуальные методы анализа данных реального времени; нейросетевой алгоритм анализа состояний технологических узлов производства; нейросетевой алгоритм верификации измеренных значений технологических параметров.

В статье [Ткаченко, 2014] приводится понятие «мягкие вычисления», которое трактуется как прогрессивная концепция, ведущее назначение которой сконцентрировано в области управления технологическими процессами анализа состояния производственных объектов, а также обнаружения аварийных и предаварийных состояний [Ульянов, 2011]. В данной работе с использованием ИНС, оптимизированной генетическим алгоритмом, разработан метод оперативного анализа состояния погружных установок электробежных насосов нефтедобывающей отрасли на базе обработки телеметрических данных. Также изложен порядок обучения ИНС обратного распространения.

Автор работы [Подольский, 2016] провёл анализ методов ИИ и сделал вывод, что в настоящий момент наиболее часто применяемый метод – это ИНС. Согласно исследованию, проведённому Cambridge Energy Research Association (CERA), отдача на «умных месторождениях» уже сейчас на 2-10% выше, чем на традиционных. Также сделан акцент на том, что обучающие данные должны быть наиболее точными. Благодаря точным данным будет существенно реализован экономический эффект в сфере исследования. В статье приведён анализ только в нефтяной сфере.

В работе [Келлер, 2014] предложена модель ИНС для оценки технологического эффекта от проведения выравнивания профиля приёмистости на нагнетательных скважинах, применение которой помогло произвести оценку конфигурации обводнённости добываемой продукции и длительности эффекта от проведения ВПП на одном из месторождений в 2012 г. Средняя ошибка предсказания обводнённости добывающих скважин составила 6,2 %, средняя ошибка предсказания продолжительности эффекта – 79,8%. Предложенный способ может применяться для оценки технологической производительности от выравнивания профиля приёмистости в качестве альтернативы гидродинамическому моделированию в программном комплексе Eclipse, т.к. значительно наименее трудоёмок. В случае, если гидродинамическая модель не актуализирована на дату прогнозирования, нейросетевое моделирование является практически единственной возможностью получить экспертную оценку ожидаемой производительности события от выравнивания профиля приёмистости.

Автор статьи [Пророк, 2013] показал главные плюсы ИНС прямого распространения: осуществление принципа поочередного принятия решений; разделение пространства признаков; уникальные методы обучения. Также присутствует информация об анализе нечёткой ИНС и изложены этапы функционирования нечёткой системы. Подводя итог, автор акцентирует внимание на том, что нечёткая ИНС учитывает размытую информацию в последовательном принятии решений о техническом состоянии автоматизированных систем управления специального назначения.

В [Гусев, 2009] поставлена задача исключения человека из цепи управления и определения рационального технологического режима при данных критериях. Для решения данной задачи предложена математическая модель на базе ИНС. Предложенная модель применяется в качестве советчика, т.е. при неудачном статусе рассчитанных значений модель



передаёт управление оператору. Доказывается решающая роль мнения ЛПР над моделью ИНС, что демонстрирует значимость доминирования человека над системами ИИ. В статье предложена математическая модель без компьютерной реализации.

В работе [Ткаченко, 2014] продемонстрирован модернизированный способ повышения точности расчёта оставшегося времени безаварийной работы (ОВР) с применением ИНС. Созданная модель ИНС получает на вход последовательные телеметрические замеры и на выходе выдаёт оценку ОВР соответствующей системы. Чтобы повысить точность определения условий окончания работы, предложен механизм валидации. После проведения соответствующих экспериментов выяснено, что разработанная модель обладает высокой точностью получаемых оценок ОВР, что позволяет внедрить данный метод в ряд автоматизированных систем нефтегазодобывающих управлений.

В публикации [Фролова, 2011] автор приводит достоверные аргументы в пользу выбора ИНС в прогнозировании. ИНС – это действенный математический аппарат для обработки «исторических» данных о процессе. Прогнозирование итогов – это тяжёлый процесс, с которым может справиться ИНС. Разработана модель для решения задач прогнозирования, которая может применяться для решения задачи прогнозирования спроса на ассортимент продукции и затем для определения производительности главного оснащения технических систем. В статье изложен алгоритм решения без компьютерной реализации, который даёт представление о последующем пути развития данной темы.

В работе [Кропотов, 2015] создана система решения задач высокой динамики адаптации архитектуры обработки данных при постоянно изменяющихся условиях экологической безопасности на основе ИНС и математической модели вейвлет-преобразований. В разработанной системе автоматического контроля производится прогнозирование со значительно меньшей погрешностью по сравнению с известными моделями и увеличено время предсказания. В статье доказывается, что ИНС является оптимальной системой в сфере применения, что также демонстрирует преимущество данной модели над другими известными.

Авторы статьи [Сокол, 2016] разрабатывают ИНС, имеющую 6 входов и 6 выходов. В качестве входных сигналов ИНС предлагается использовать значения критериев, характеризующих особенности DLP-системы и требуемых на предприятии. Значения критериев задаются на основе экспертных оценок в интервале от 0 до 1. Каждый выход искусственной нейронной сети соответствует рассматриваемым DLP-системам: InfoWatch, McAfee, Symantec, Websense, Zecurion, «Дозор-Джет». При этом одним из важных этапов внедрения DLP-системы является выбор такой системы, характеристики которой в достаточной мере удовлетворяют требованиям заказчиков. С этой целью в работе была предложена методика интеллектуального выбора DLP-системы для решения проблем информационной безопасности предприятия, основанная на использовании искусственного интеллекта.

В статье [Белобородова, 2012] предлагаемая модель ИНС содействует увеличению потенциала мониторинга развития технологической системы города за счет отслеживания структурных перемен в территориальной производственной системе, определения перспективных производств, определения основных факторов роста производства. Результаты использования технологии прогнозного моделирования на существующих данных социально-экономического развития МО «Городской округ “Ухта”» в анализируемом периоде выявили характеристики и факторы, определяющие рост производства, их взаимосвязь, количественные свойства.

В публикации [Ханова, 2011] когнитивная информационная система формирования сбалансированной системы показателей (ССП) в содействии с системой управления базами данных, инструментарием имитационного моделирования и графическим редактором позволяет сохранять, проводить анализ и группировать, как правило, разрозненные, субъективные мнения экспертов с помощью ИНС Кохонена. Интеллектуальная информационная система может формировать СПП в соответствии со

спецификой отдельно взятой отрасли, создавать стратегические карты, оценивать эффективность функционирования предприятия в целом. ССП, поддерживаемая удобными программными средствами, позволит предприятию сосредоточить все свои ресурсы на реализации стратегии, обеспечить связь между стратегическими целями и повседневной работой производственных, коммерческих и административных структур, а также увеличить управляемость и эффективность работы.

В докладе [Корелин, 2007] были рассмотрены различные методики анализа и оценки рисков. Основное внимание было уделено плюсам и минусам нейросетевых методов. В статье приводятся случаи, где успешнее будет использовать традиционные методы статистики. Несмотря на это, делается вывод о том, что во многих областях управления рисками ИНС позволяют более рационально решать проблемы, поэтому необходимо продолжать исследования в данной области. В статье приведён обзор ИНС, но не изложена математическая модель и компьютерная реализация исследуемой области.

В работе [Арзамасцев, 2009] описывается разработка медицинской экспертной системы, которая показывает следующие результаты: правильные рекомендации в 69% случаев, близкие рекомендации в 29%, неверные рекомендации в 2% случаев. С помощью предложенной автоматизированной технологии построения экспертных систем была разработана экспертная система на основе ИНС для медицинского объекта (диагностика здоровья пациентов на основе результатов общего анализа крови). Благодаря системе ИИ упрощается работа сотрудников сферы здравоохранения, что значительно сказывается на скорости их работы. Также демонстрируется применимость ИНС с различными системами, например с экспертной системой.

В статье [Арзамасцев, 2012] проводили анализ использования автоматизированной технологии разработки экспертных систем на основе ИНС-моделей с распределенным вводом информации и параллельными алгоритмами ее обработки и экспертных систем такого типа для решения производственных задач: прогнозирования, управления, оценивания, оптимизации и др. В итоге разработанные системы показали работоспособность и применимость на объектах различного типа и могут быть рекомендованы для внедрения и коммерциализации. В работе также демонстрируется различная применимость ИНС-моделей, что показывает многовариантность использования ИНС.

В работе [Попова, 2017] разработанная ИНС позволила в полной мере справиться с поставленной задачей, а именно: управлять действиями виртуальных футболистов в компьютерной игре без написания большого количества алгоритмов и описания действий при различных состояниях окружающего мира. Также использование ИНС позволило снизить использование процессорного времени, что является крайне важным в задачах, где требуется быстрое принятие решений, ведь сложные вычисления и алгоритмы предсказания не всегда могут вложиться в 20 мс, а это чревато пропусками ходов и проигрышами. Также смоделированная ИНС и реализованный алгоритм ее обучения могут применяться при решении других задач, для чего необходимы лишь новые данные окружающего мира.

В статье [Токарев, 2016] сделан вывод о том, что качество решения задач планирования и управления социально-экономическими системами с использованием конкретной ИНС зависит от значений выбранных критериев моделируемых систем. Поэтому результаты нейросетевого моделирования являются значимым основанием для принятия важных стратегических решений, следовательно, для получения качественного результата целесообразно построение сразу нескольких нейросетевых моделей с различной архитектурой.

В работе [Свиридова, 2016] представлена разработанная система поддержки транспортной логистики дистрибьюторской фирмы. Её применяют для решения задач логиста, что позволяет ускорить процессы деятельности дистрибьюторской фирмы, увеличить уровень точности информации и качество работы логиста за счет уменьшения

времени, затрачиваемого логистом на повседневные рутинные операции, и сокращения числа ошибок, возникающих в процессе работы логиста.

В электронном ресурсе [Jeevan, 2016] содержится подробная статистика о применении языков программирования в интеллектуальном анализе данных и в работе с моделями интеллектуальных данных в науке за 2016 год (рис. 2).

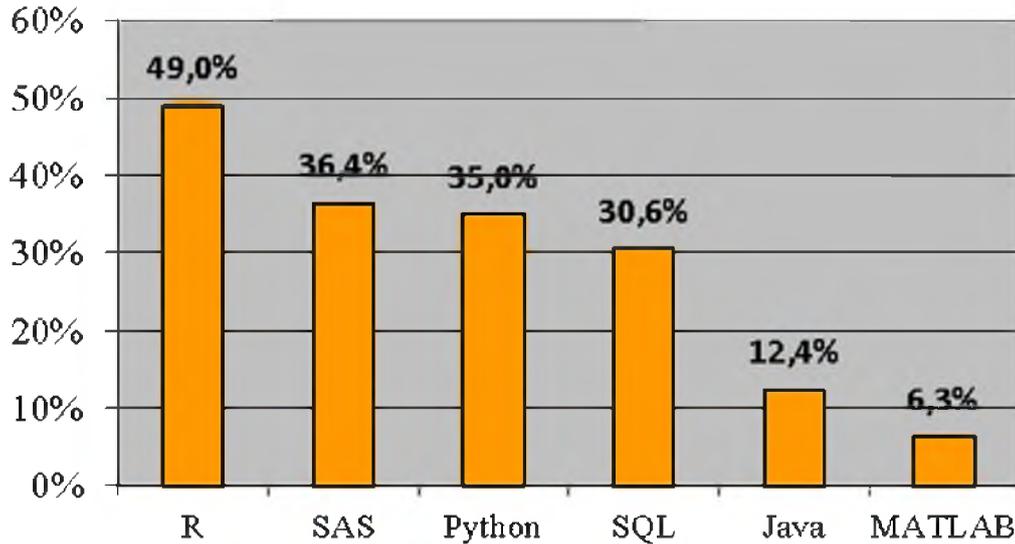


Рис. 2. Языки программирования, использовавшиеся для интеллектуального анализа данных, работы с моделями интеллектуальных данных в науке в 2016 году [Jeevan, 2016]

Fig. 2. Programming languages are used for intellectual data analysis, work with intellectual data in science in 2016 [Jeevan, 2016]

Популярными языками программирования, упомянутыми в обзоре, являются R, Python, SAS, MATLAB, SPSS, MySQL и Java. Немного о каждом из представленных языков программирования: MATLAB, SPSS и SAS – это дорогие программные продукты; Java очень сложен для выполнения обучения ИИ; MySQL и другие языки на основе Надоор являются базами данных с открытым исходным кодом, трудно назвать их языками программирования; R и Python – это популярные языки для программирования в этой сфере. Также можно рассмотреть PHP для работы в сфере ИНС.

Результаты обзора научных работ, посвящённых ИНС, показали, что большинство авторов описывают свои модели в теоретической форме, а не с помощью математических моделей и практической компьютерной реализации (рис. 3).

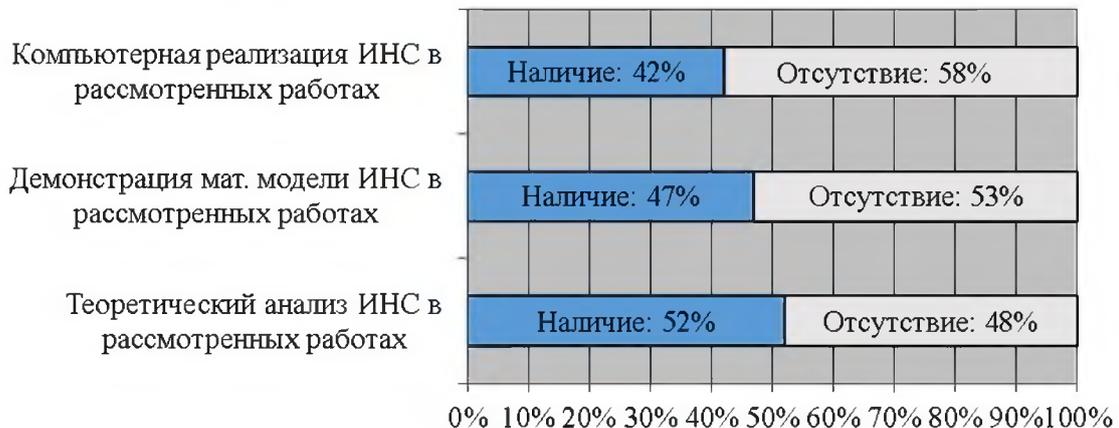


Рис. 3. Результаты обзора работ по ИНС
Fig. 3. Results of analysis of works on ANN



Также ИНС довольно редко применяют в работах по пожарной и промышленной безопасности, что свидетельствует о необходимости дальнейших исследований в этой области.

Основные выводы

В ходе обзора были рассмотрены работы, посвященные исследованиям в сферах разработки и применения ИНС. В целом, обзор показал, что нейросетевой подход активно используется для решения различных задач. Для принятия оптимальных решений в управлении социальными и экономическими системами интеллектуальные модели поддержки принятия должны быть реализованы с использованием новейших технологий, которые способны адаптироваться к конкретным ситуациям и задачам. Поэтому одним из наиболее перспективных путей построения ИСППР является использование современной научной разработки – ИНС. Результат анализа показал, что перспективным направлением дальнейших исследований в области ИНС является совершенствование управления безопасностью на опасных производственных объектах.

Список литературы References

1. Карелин В.П. 2011. Интеллектуальные технологии и системы искусственного интеллекта для поддержки принятия решений. Вестник ТИУиЭ, 2: 79–84.
Karelin V.P. 2011. Intellectual technologies and artificial intelligence systems to support decision-making. Bulletin of TIUE, 2: 79–84. (in Russian)
2. Энгель Е.А. 2011. Модели и методы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений. Вестник СибГАУ, 4: 106–112.
Engel E.A. 2011. Models and methods of intellectual support in making managerial decisions. Bulletin of Siberian State University of Management, 4: 106–112. (in Russian)
3. Каширина Е.А. 2015. Нейронные сети как инструмент прогнозирования динамики рыночных цен. Science Time, 12 (24)
Kashirina E.A. 2015. Neural networks as a tool for predicting the dynamics of market prices. Science Time, 12 (24) (in Russian)
4. Erik Brynjolfsson A.M. 2017. The business of artificial intelligence. Available at: <https://hbr.org/cover-story/2017/07/the-business-of-artificial-intelligence> (accessed 10.06.2018).
5. Антюхов В.И. 2017. Моделирование процесса интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при принятии управленческих решений. Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России», 45–40.
Antyukhov V.I. 2017. Modeling of the process of intellectual support of the activity of officials of control centers in crisis situations of the Russian city of Moscow in making managerial decisions. Scientific and analytical journal "Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Measures of Russia", 45–40. (in Russian)
6. Зозуля Ю.И. 2013. Разработка программного комплекса нейросетевой системы поддержки принятия решений по безопасному оперативному управлению нефтехимическим производством. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, 246–260.
Zozulya Yu.I. 2013. Development of a software package for a neural network decision support system for safe operational management of petrochemical production. Automation, telemechanization and communication in the oil industry, 246–260. (in Russian)
7. Ткаченко М.Г. 2014. Применение искусственной нейронной сети, оптимизированной генетическим алгоритмом, в задаче анализа состояния технологического оборудования нефтегазодобывающей промышленности. Известия Южного федерального университета. Технические науки, 310–320.
Tkachenko M.G. 2014. Application of an artificial neural network, optimized by the genetic algorithm, in the problem of analysis of the state of the technological equipment of the oil and gas extracting industry. Proceedings of the Southern Federal University. Technical science, 310–320. (in Russian)



8. Ульянов С. 2011. Интеллектуальное робастное управление: технологии мягких вычислений. Pronetlabs, 1: 406.

Ulyanov S. 2011. Intellectual Robust Control: Soft Computing Technologies. Pronetlabs, 1: 406. (in Russian)

9. Подольский А.К. 2016. Применение методов искусственного интеллекта в нефтегазовой промышленности. Современная наука, 54–65.

Podolsky A.K. 2016. Application of methods of artificial intelligence in the oil and gas industry. Contemporary Science, 54–65. (in Russian)

10. Келлер Ю.А. 2014. Разработка искусственных нейронных сетей для предсказания технологической эффективности от выравнивания профиля приёмистости. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 28–41.

Keller Yu.A. 2014. Development of artificial neural networks for predicting technological efficiency from equalization of the acceleration profile. Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Engineering georesources, 28–41. (in Russian)

11. Пророк В.Я. 2013. Построение системы контроля и диагностирования автоматизированных систем управления специального назначения на основе нечетких искусственных нейронных сетей. Т-COMM: Телекоммуникации и транспорт, 6 (7): 67–70.

Prorok V.Ya. 2013. Construction of a system for monitoring and diagnosing automated control systems for special purposes on the basis of fuzzy artificial neural networks. T-COMM: Telecommunications and Transport, 6 (7): 67–70. (in Russian)

12. Гусев С.Н. 2009. Идентификация систем и задачи управления (SICPRO'09). Практическое применение искусственных нейронных сетей в управлении процессом ректификации, 992–998.

Gusev S.N. 2009. Identification of systems and control tasks (SICPRO'09). Practical application of artificial neural networks in rectification process control, 992–998. (in Russian)

13. Ткаченко М.Г. 2014. Прогнозирование оставшегося времени безаварийной работы нефтегазодобывающего оборудования с применением технологий искусственных нейронных сетей. Инженерный вестник Дона, 3: 312–320.

Tkachenko M.G. 2014. Prediction of the remaining time of trouble-free operation of oil and gas production equipment using artificial neural network technologies. Engineering Bulletin of the Don, 3: 312–320. (in Russian)

14. Фролова Т.А. 2011. Вестник Тамбовского государственного технического университета. Краткосрочное прогнозирование производительности основного оборудования технических систем. Тамбов, 17: 472–476.

Frolova T.A. 2011. Bulletin of Tambov State Technical University. Short-term forecasting of productivity of the main equipment of technical systems. Tambov, 17: 472–476. (in Russian)

15. Кропотов Ю.А. 2015. Модели, алгоритмы системы автоматизированного мониторинга и управления экологической безопасности промышленных производств. Системы управления, связи и безопасности, 2: 184–197. (in Russian)

Kropotov Yu.A. 2015. Models, algorithms of the system of automated monitoring and management of environmental safety of industrial production. Control, Communication and Security Systems, 2: 184–197. (in Russian)

16. Сокол Д.С. 2016. Использование искусственных нейронных сетей для выбора dlp-систем. Символ науки, 1: 94–97.

Sokol D.S. 2016. Use of artificial neural networks for the choice of dlp-systems. The symbol of science, 1: 94–97. (in Russian)

17. Белобородова Н.А. 2012. Моделирование процесса развития производственных систем с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС) и генетического алгоритма. Управление экономическими системами: электронный научный журнал.

Beloborodova N.A. Modeling the process of development of production systems using artificial neural networks (ANN) and genetic algorithm. Management of economic systems: electronic scientific journal. (in Russian)

18. Ханова А.А. 2011. Формирование сбалансированной системы показателей предприятия на основе искусственных нейронных сетей (на примере грузового порта). Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика, 187–194.

Khanova A.A. 2011. Formation of a balanced system of industrial indicators on the basis of artificial neural networks (for example, a cargo port). *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*, 187–194. (in Russian)

19. Корелин Д.С. 2007. Использование аппарата нейронных сетей для создания модели оценки и управления рисками предприятия. *Управление большими системами: сборник трудов*: 81–102.

Korelin D.S. Using the apparatus of neural networks to create an enterprise risk assessment and risk management model. *Management of large systems: a collection of works*, 81–102. (in Russian)

20. Арзамасцев А.А. 2009. Моделирование в психологических, социальных и медицинских системах с использованием методов искусственного интеллекта. *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*, 5: 995–1012.

Arzamastsev A.A. 2009. Modeling in psychological, social and medical systems using artificial intelligence methods. *Bulletin of Tambov University. Series: Natural and technical sciences*, 5: 995–1012. (in Russian)

21. Арзамасцев А.А. 2012. Автоматизированная технология и программно-технологический комплекс для построения экспертных систем с интеллектуальным ядром, основанном на нейросетевых моделях, поддержкой распределенного ввода данных и параллельных вычислений. *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*, 3: 948–978.

Arzamastsev A.A. 2012. Automated technology and software-technology complex for building expert systems with an intelligent core based on neural network models, support for distributed data input and parallel computing. *Bulletin of Tambov University. Series: Natural and technical sciences*, 3: 948–978. (in Russian)

22. Попова Ю.Б. 2017. Программная реализация искусственной нейронной сети для управления виртуальными объектами. *Системный анализ и прикладная информатика*, 4: 72–78.

Popova Yu.B. 2017. Software implementation of an artificial neural network for managing virtual objects. *System analysis and applied informatics*, 4: 72–78. (in Russian)

23. Токарев К.Е. 2016. Нейросетевые методы и алгоритмы управления в социально-экономических системах. *Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса*, 35 (2): 124–127.

24. Tokarev K.E. 2016. Neural network methods and control algorithms in socio-economic systems. *Business. Education. Right. Bulletin of the Volgograd Institute of Business*, 35 (2): 124–127. (in Russian)

25. Свиридова И.В., Пусная О.П., Зайцева Т.В., Путивцева Н.П., Игрунова С.В., Нестерова Е.В., Шевчук А.Р. 2016. Разработка интеллектуальной системы поддержки процесса транспортной логистики. *Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика*. 23 (244): 117–123.

Sviridova, I.V., Posna O.P., Zaitseva T.V., Putivtsev Played N.P. Igrunova S.V., Nesterov E.V., Shevchuk, A.R. 2016. Elaboration of the intellectual support system for the process of transport logistics. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Economy. Informatics*. 23 (244): 117–123. (in Russian)

26. Jeevan M. 2016. How I chose the right programming language for Data Science. Available at: <http://bigdata-madesimple.com/how-i-chose-the-right-programming-language-for-data-science/> (accessed 10.06.2018).