

ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И УПРАВЛЕНИЕ

INFORMATICS,
COMPUTER ENGINEERING
AND CONTROL

УДК 004.896

DOI: 10.17212/1814-1196-2020-4-7-16

Использование искусственного интеллекта для прогнозирования электропотребления энергосбытовой компании*

И.А. БЕРШАДСКИЙ^а, С.Г. ДЖУРА^б, А.А. ЧУРСИНОВА^с

283001, Украина, г. Донецк, пр. 25-летия РККА, 1, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Донецкий национальный технический университет

^а ibersh@rambler.ru ^б dzhura@inbox.ru ^с a.chursinova@gmail.com

В настоящей работе проанализированы существующие подходы использования искусственного интеллекта в обучении нейронной сети с помощью приложения Нейросимулятор 5.0 для прогнозирования потребления электроэнергии по данным предыдущего периода, а также сделан вывод о целесообразности развития этого направления расчетов для прогнозирования и проектирования систем электроснабжения.

Статья посвящена проблеме выбора модели прогнозирования электропотребления при решении задачи оперативного суточного планирования поставок электроэнергии на оптовом рынке. Особую актуальность задача прогнозирования потребления электроэнергии приобрела после появления оптового рынка электроэнергии: занижение прогноза приводит к необходимости запуска дорогостоящих аварийных электростанций, а завышение – к увеличению издержек на поддержку в рабочем состоянии излишних мощностей.

Аргументируется выбор искусственных нейронных сетей для этой цели. Наиболее подходящей архитектурой искусственной нейронной сети для решения рассматриваемой нами задачи является многослойный перцептрон, содержащий несколько слоев нейронов: входной, один или несколько скрытых слоев и слой выходных нейронов. Передача информации, как правило, происходит в одном направлении – от входного слоя к выходному.

Рассмотрен пример прогнозирования энергопотребления по результатам ближайших замеров во временной области и определена ошибка аппроксимации. Результаты аппроксимации и прогноза электропотребления показали, что среднеквадратичная относительная погрешность не превышала 6,32 %, но имеется выброс в одной точке до 34 %.

Резервом повышения точности прогноза является исследование влияния дополнительных факторов – температуры окружающего воздуха и фактора дня, учитывающего распределение нагрузки по дням недели.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронные сети, перцептрон, электропотребление, прогнозирование, имитаторы нейронных сетей, функция активации, входной слой, погрешность прогноза

* Статья получена 18 августа 2020 г.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие электроэнергетики в рыночных условиях, в том числе в Российской Федерации, а также тенденции формирования интеллектуальных сетей характеризуются значительной технической модернизацией. Так, в единый комплекс объединяют сети энергоснабжения и компьютерные телекоммуникационные сети, основанные на системах передачи информации. Главная задача технологии состоит в обеспечении мониторинга и оптимизации расхода энергоресурсов, а также повышении безопасности функционирования энергосетей. Наиболее актуально проводить такую интеллектуализацию в распределительных электросетях, включая потребителей электроэнергии.

В 2010 г. генеральный директор компании ОАО «НТЦ электроэнергетики», доктор технических наук В.В. Дорофеев предложил концепцию интеллектуальной энергетической системы с активно-адаптивной сетью [1], в частности, автоматизацию и интеллектуализацию процессов контроля и управления в распределительных электросетях. Этапы развития этого направления определены в Национальной стратегии развития искусственного интеллекта (ИИ) на период до 2030 г. [2].

В этой статье планируется показать результаты исследований применительно к развитию методов прогнозирования электропотребления с применением искусственного интеллекта [3].

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Формирование баланса электроэнергии энергосистемы, ее технологическая устойчивость, влияющая на качество электроэнергии, существенно зависит от правильного прогнозирования расчетных электрических нагрузок. При этом обеспечивается также оптимальное распределение нагрузки между объектами энергосистемы путем регулирования загрузки оборудования, а основные мощности генерации электроэнергии задействуются в часы и зоны оптового рынка энергии с минимальной ценой.

В работе [4] рассмотрено развитие компьютерной логики в связи с поставленными выше задачами. Рассмотрим одно из направлений, приведенных на рис. 1, с точки зрения электроснабжения – нейронные сети [5, 6].

В таблице приведен обзор возможных вариантов решения задач на основе нейронных сетей.

2. ВЫБОР СИМУЛЯТОРА НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Необходимо проанализировать возможности существующих программных продуктов в области нейронносетевое моделирование в контексте их применения, а также выбора нужного нейронного метода с целью прогнозирования электропотребления энергосбытовой компании. В частности, необходима наглядная обработка цифровой информации, взятой из графиков электропотребления. Затем, в процессе обучения, нейронная сеть обобщает переданные ей знания (на примерах) и вырабатывает новые, не встречающиеся ранее в выборке исходных данных [7].

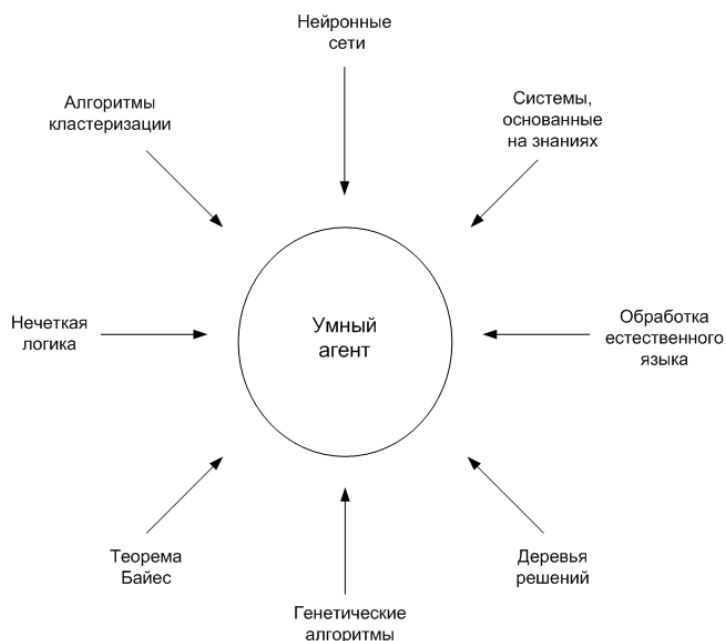


Рис. 1. Основные направления ИИ

Fig. 1. Main areas of AI

Соотношение задач и подходов ИИ для решения задач электроснабжения**Ratio of AI tasks and approaches to solve power supply problems**

Проблема	Искусственные нейронные сети и алгоритм обучения	Использование искусственных нейронных сетей
Идентификация и моделирование	Гибридная сеть прямого / обратного обучения	Прогнозирование переходного процесса. Прогнозирование тепла на атомных станциях
Контроль	Гибридная сеть прямого / обратного обучения	Поддержка стабилизации энергосистемы. Контроль частоты нагрузки. Адаптивный контроль
Прогнозирование нагрузки	Сети Кохонена с самоорганизацией Перцептрон	Прогнозирование профиля нагрузки (суточного). Управление сбросом нагрузки. Прогнозирование краткосрочные (краткосрочные максимальные нагрузки) и долгосрочные. Прогнозирование на следующую неделю

К бесплатным инструментальным средствам НС относятся, в частности: Basis-of-AI-backprop, FuzzyCOPE, NeuroSolutions, PDP, Rochester Connection-

ist Simulator, SNNS, The Brain, Xerion; к платным: BrainMaker Professional 5.1, Genetic Training Option (GTO) for Brain Maker Professional, MATLAB Neural Network Toolbox 3.0, NeuralWorks Professional II Plus, NnetLib 'C', Propagator.

На наш взгляд, для целей исследования удобнее использовать пакет NeuroSolutions, а также методологию и инструментарий [8]. Еще одним пакетом является российский пакет «Нейросимулятор» [9].

Анализ последних исследований [10, 11] выделяет ряд проблемных вопросов, стоящих на начальном этапе проектирования соответствующей НС:

- 1) высокая зависимость метода от исходных данных, т. е. трудно подобрать заранее нужную нейронную сеть для моделирования;
- 2) отсутствие полного алгоритма проектирования от постановки каждой конкретной задачи до ее реализации;
- 3) настройка нейронной сетей.

Таким образом, возможность реализации поставленной выше задачи представляет профессиональный интерес для энергетиков.

3. ПРОГНОЗ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В ПРОГРАММЕ «НЕЙРОСИМУЛЯТОР»

Программа «Нейросимулятор 5.0», разработанная Ф.М. Черепановым и Л.Н. Ясницким, направлена на интеллектуальный анализ данных с помощью нейронных сетей перцептронного типа. Вычислительные ресурсы для ее использования требуются незначительные, кроме того, обнаруживаются выбросы в обучающей выборке [9].

Многослойные персептроны (MLPs) являются слоистыми сетями прямого распространения, как правило, обучаемыми со статической обратной связью. Они характеризуются медленным обучением и требуют большого объема обучающих данных, но хорошо подходят для прогнозных задач.

Интерфейс Нейросимулятора 5.0 [9] состоит из следующих вкладок: проектирование сети (структура, количество слоев, функции активации), обучение (таблица с примерами), прогноз, проверка (таблица для определения погрешности прогноза), график обучения (ошибка обучения в функции количества обучающих эпох).

Часто для проектирования систем электроснабжения необходимо знать будущую нагрузку предприятия [13–15]. Исходные данные возьмем из работы [13], где указано электропотребление ОАО «Мордовская энергосбытовая компания» в период с 1 по 30 сентября 2009 года. Построим нейронную сеть на Нейросимуляторе 5.0 (рис. 2).

Для решения задач прогнозирования электропотребления используется модель его изменения во времени в виде нелинейной функции:

$$A_t = f(A_{t-n}, T_{t-n}, N_t) + e_t.$$

где A_t – фактическое электропотребление энергосистемы в момент времени t ; t – текущее время; A_{t-n} – электропотребление в предыдущий момент времени наблюдения; T_{t-n} – температура окружающей среды; n – индекс предыдущего момента времени; N_t – тип дня недели; e_t – составляющая факторов, спорадически влияющих на электропотребление.

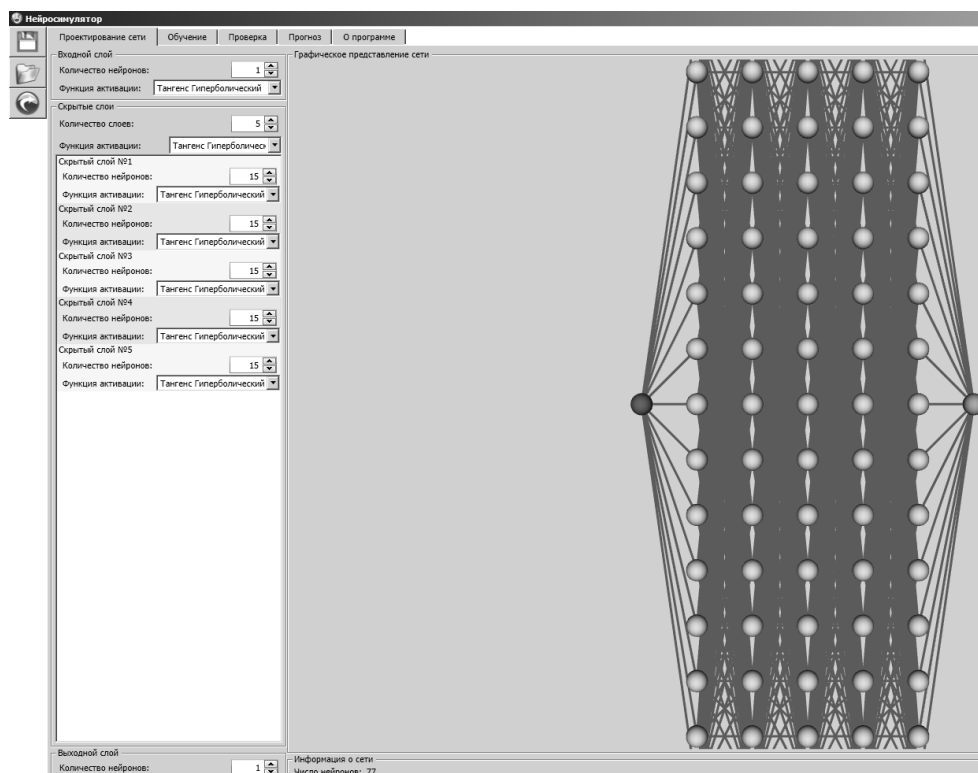


Рис. 2. Реальная расчетная сеть для примера прогнозирования:

входной слой – один нейрон, функция активации (ФА) – тангенс гиперболический (ТГ); выходной слой – один нейрон; количество скрытых слоев 5, в каждом скрытом слое 15 нейронов, ФА – ТГ

Fig. 2. A real design network for the example of prediction:

the input layer is one neuron, the activation function (AF) is Hyperbolic Tangent (HT); the output layer is the same; the number of hidden layers is 5, 15 neurons are in each hidden layer, AF – HT

Исходные данные подготавливаются в формате таблицы Excel и загружаются в нейросимулятор. Методом скользящего окна, который описан в книге [9], были подготовлены данные. Вопрос о том, сколько брать предыдущих значений, можно решить эмпирически: взять интервал, который покрывает полный цикл повторения функции, или взять величину, при которой автокорреляция функции достигает максимума.

Автоматический подбор скорости потребовал 5 скрытых слоев по 15 нейронов в каждом и обучение не менее 25 000 эпох, которые представлены на рис. 3.

Результаты аппроксимации и прогноза электропотребления представлены на рис. 4. Среднеквадратичная относительная погрешность не превышала 6,32 %, но имеется выброс в одной точке до 34 %.

Резервом повышения точности прогноза является исследование влияния дополнительных факторов, например, учета температуры окружающего воздуха, и фактора дня, учитывающего распределение нагрузки по дням недели.

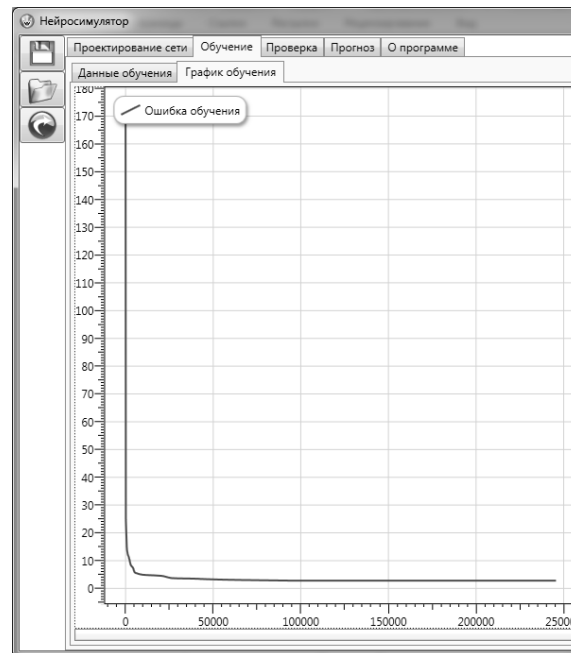


Рис. 3. График уменьшения ошибки обучения в процессе решения задачи

Fig. 3. Learning error reducing in the process of solving the problem

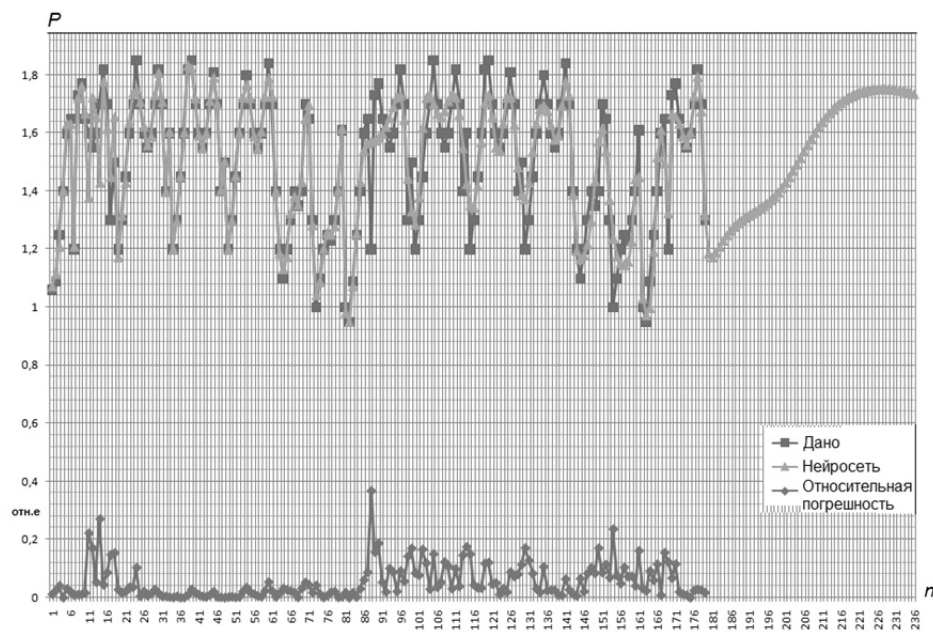


Рис. 4. Исходная и аппроксимированная кривая потребления электроэнергии:

P – электропотребление, $\times 10^5$ кВт ч; n – номер измерения

Fig. 4. Initial and approximated electric power consumption curve:

P is electric power consumption, $\times 10^5$ kWh; n is a measurement number

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ результатов показывает, что рассмотренные выше пакеты дают приемлемые для расчетов результаты (до 6...8 % относительной средней погрешности). Для прогнозирования используются различные методы, основанные на анализе динамики во времени электропотребления и действующих на него факторов с учетом модели нейронной сети. Эмпирически выявлены архитектура и состав нейронной сети, которые обеспечивают точность прогнозирования при минимальном наборе обучающих данных.

Применение широко распространенных однофакторных прогнозов по временным рядам не позволяет получить высокую точность, так как они не учитывают дополнительные спорадические факторы, например, такие как температура окружающего воздуха, отличие потребления в рабочие и выходные дни, отказы электрооборудования и другое. Но в этом случае необходимы данные предшествующих периодов за несколько лет.

Использование многофакторных подходов (в частности, на базе искусственных нейронных сетей) является перспективным решением этой задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуальная электроэнергетика: необходимость, концепция и путь реализации / Г.А. Саратикян, В.И. Финаев, Ю.И. Иванов, В.А. Черёмушкин // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 2 (127). – С. 165–172.
2. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года // TADVISER: Государство. Бизнес. ИТ. – 2020. – URL: <http://www.tadviser.ru/images/8/86/0001201910110003.pdf> (дата обращения: 11.12.2020).
3. Алексеева И.Ю., Ведерников А.С., Скрипачев М.О. Прогнозирование электропотребления с использованием метода искусственных нейронных сетей // Вестник СамГТУ. Серия: Технические науки. – 2010. – № 2 (27). – С. 135–138.
4. Джура С.Г. Этические алгоритмы мироздания. – Saarbruken: Lambert Academic Publishing, 2014. – 660 с. – URL: http://www.roerich.com/iic/russian/ovs/dzhura_book_rus_2014_.pdf (дата обращения: 11.12.2020).
5. Bourguet R.E., Antsaklis P.J. Artificial neural networks in electric power industry: Technical report of the ISIS Group: ISIS-94-007. – University of Notre Dame, 1994, April.
6. Могиленко А.В. Искусственный интеллект: методы, технологии, применение в энергетике: аналитический обзор. – URL: <https://in.minenergo.gov.ru/upload/iblock/2f9/2f9942ed69077878d3421e1ba259312c.pdf> (дата обращения: 11.12.2020).
7. WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence. – Geneva: World Intellectual Property Organization, 2019. – URL: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4386> (accessed: 11.12.2020).
8. NeuroSolutions: website. – URL: <http://www.neurosolutions.com/> (accessed: 11.12.2020).
9. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы. – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 221 с.
10. Аль Зихери Б.М. Повышение точности кратковременного прогнозирования электрической нагрузки потребителей региона с учетом метафакторов на основе метода опорных векторов: дис. ... канд. техн. наук. – Новочеркасск, 2015. – 182 с.
11. Соломахо К.Л. Применение метода главных компонент для прогнозирования объема электропотребления энергосбытовых предприятий: дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2015. – 142 с.
12. Люгер Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2005. – 864 с.
13. Соломкин А.В. Применение нейросетевых методов для прогнозирования потребления электроэнергии // Электроника и информационные технологии. – 2009. – № 2 (7). – С. 1–4.
14. Торопов А.С., Туликов А.Н. Прогнозирование почасового электропотребления региональной энергосистемы с использованием искусственных нейронных сетей // Вестник ИргТУ. – 2017. – Т. 21, № 5. – С. 143–151.

15. Староверов Б.А., Гнатюк Б.А. Определение наиболее перспективных нейронных сетей и способов их обучения для прогнозирования электропотребления // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. – Вып. 6. – С. 59–64.

Бершадский Илья Адольфович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры электроснабжения промышленных предприятий и городов ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет». Основное направление научных исследований – способы и средства обеспечения искробезопасности электротехнических устройств, разработка методов оценки и синтеза искробезопасных цепей взрывозащищенного электрооборудования; развитие методов оценки и способов обеспечения пожаробезопасности электрических сетей 0,4 / 0,22 кВ. Является автором 115 публикаций, включая одну монографию, 2 учебника, 22 учебных пособия и 58 статей в ведущих научных отечественных и зарубежных издательствах; 44 публикации, входящие в системы Scopus, Web of Science и РИНЦ, 3 патента на полезную модель. E-mail: iberish@rambler.ru

Джура Сергей Георгиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий и городов ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет». Основное направление научных исследований – этика, культура и наука будущего; водородная цивилизация и нетрадиционная энергетика; философия техники и рискология; дистанционное обучение с использованием искусственного интеллекта; этический вектор ГРВ-технологий. Является автором 221 публикации, включая одну монографию, один учебник, 12 учебных пособий и 97 статей в ведущих научных отечественных и зарубежных издательствах; 38 публикаций, входящих в системы Scopus, Web of Science и РИНЦ, 3 патента на полезную модель. E-mail: dzhura@inbox.ru

Чурсинова Аурика Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий и городов ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет». Основное направление научных исследований – водородная цивилизация и нетрадиционная энергетика; дистанционное обучение с использованием искусственного интеллекта; этический вектор ГРВ-технологий. Является автором 21 публикации; 9 публикаций, входящих в системы Scopus, Web of Science и РИНЦ. E-mail: a.chursinova@gmail.com

Bershadsky Ilya A., D. Sc. (Eng.), associate professor, professor at the Department of Power Supply of Industrial Enterprises and Cities in the Donetsk National Technical University. His research interests are focused on methods and means of ensuring the intrinsic safety of electrical devices, development of methods for evaluating and synthesizing intrinsic safety circuits of explosion-proof electrical equipment; development of methods of assessment and methods of fire safety of 0.4/0.22 kV electric networks. He is the author of 115 publications, including 1 monograph, 2 textbooks, 22 teaching manuals, among them 58 articles in leading scientific Russian and foreign journals; 44 publications included in the Scopus, Web of Science and RSCI systems, 3 patents for a useful model. E-mail: iberish@rambler.ru

Dzhura Sergey G., PhD (Eng.), an associate professor, associate professor at the Department of Power Supply of Industrial Enterprises and Cities of the Donetsk National Technical University. His research interests are focused on Ethics, Culture and Science of the Future; hydrogen civilization and non-traditional energy; philosophy of technology and riskology; distance learning using artificial intelligence, and an ethical vector of GDV-technologies. He is the author of 221 publications, including 1 monograph, 1 textbook, 12 teaching manuals, among them 97 articles in leading scientific Russian and foreign journals; 38 publications included in the Scopus, Web of Science and RSCI systems, 3 patents for a useful model. E-mail: dzhura@inbox.ru

Chursinova Aurika A., PhD (Eng.), an associate professor, associate professor at the Department of Power Supply of Industrial Enterprises and Cities of the Donetsk National Technical University. Her research interests are focused on hydrogen civilization and non-traditional energy; distance learning using artificial intelligence, and an ethical vector of GDV-technologies. She is the author of 21 publications; 9 publications are included in the Scopus, Web of Science and RSCI systems. E-mail: a.chursinova@gmail.com

The use of artificial intelligence to predict electric power consumption of a power supply company**I.A. BERSHADSKY^a, S.G. DZHURA^b, A.A. CHURSINOVA^c**Donetsk National Technical University, 1, 25th Red Army Anniversary Prospekt, Donetsk, 283001, Ukraine**^a ibersh@rambler.ru ^b dzhura@inbox.ru ^c a.chursinova@gmail.com***Abstract**

The existing approaches to using artificial intelligence in training the neural network using the Neurosimulator 5.0 application to predict electricity consumption according to the data of the previous period are analyzed in this article. It is also concluded that it is advisable to develop this direction of calculations for forecasting and designing power supply systems.

The article is devoted to the problem of choosing a model for forecasting electricity consumption when solving the problem of operational daily planning of electricity supplies in the wholesale market. The task of forecasting electricity consumption acquired particular relevance after the emergence of the wholesale electricity market: an underestimation of the forecast leads to the need to launch expensive emergency power plants, while an overestimation leads to an increase in the costs of maintaining excess capacity.

The choice of artificial neural networks for this purpose is well-founded. The most suitable architecture of an artificial neural network for solving the problem in question is a multi-layer perceptron containing several layers of neurons: an input layer, one or more hidden layers and a layer of output neurons. The transmission of information usually takes place in one direction - from the input layer to the output layer.

An example of power consumption prediction based on the results of the nearest measurements in the time domain is considered and an approximation error is determined. The results of approximation and prediction of power consumption showed that a root-mean-square relative error did not exceed 6.32 %, but there is an outlier at one point up to 34 %.

The reserve for improving the forecast accuracy is to study the influence of additional factors such as an ambient temperature and the day factor which takes into account the load distribution by the days of the week.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, perceptron, power consumption, forecasting, simulators of neural networks, the activation function, the input layer, the error of the forecast

REFERENCES

1. Saratikyan G.A., Finaev V.I., Ivanov Yu.I., Cheremushkin V.A. Intellektual'naya elektroenergetika: neobkhodimost', kontseptsiya i put' realizatsii [Intellectual electricity: need, concept and implementation of the way]. *Izvestiya YFU = Izvestiya SFedU. Engineering sciences*, 2012, no. 2 (127), pp. 165–172.
2. *Natsional'naya strategiya razvitiya iskusstvennogo intellekta na period do 2030 goda* [National Strategy for the Development of Artificial Intelligence for the Period until 2030]. Available at: <http://www.tadviser.ru/images/8/86/0001201910110003.pdf> (accessed 11.12.2020).
3. Alekseeva I.Yu., Vedernikov A.C., Skripachev M.O. Prognozirovaniye elektropotrebleniya s ispol'zovaniem metoda iskusstvennykh neironnykh setei [Power consumption forecasting using the method of artificial neural networks]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki = Vestnik of Samara State Technical University. Technical Sciences Series*, 2010, no. 2 (27), pp. 135–138.

* Received 18 August 2020.

4. Dzhura S.G. *Eticheskie algoritmy mirozdaniya* [Ethical algorithms of the universe]. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2014. 660 p. Available at: http://www.roerich.com/iic/russian/ovs/dzhura_book_rus_2014_.pdf (accessed 11.12.2020).
5. Bourguet R.E., Antsaklis P.J. *Artificial neural networks in electric power industry: Technical report of the ISIS Group*: ISIS-94-007. University of Notre Dame, 1994, April.
6. Mogilenko A.V. *Iskusstvennyi intellekt: metody, tekhnologii, primeneniye v energetike* [Artificial intelligence: methods, technologies, application in energy]. Available at: <https://in.mine-nergo.gov.ru/upload/iblock/2f9/2f9942ed69077878d3421e1ba259312c.pdf> (accessed 11.12.2020).
7. *WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence*. Geneva, World Intellectual Property Organization, 2019. Available at: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4386> (accessed 11.12.2020).
8. *NeuroSolutions*: website. Available at: <http://www.neurosolutions.com> (accessed 11.12.2020).
9. Yasnitskii L.N. *Intellektual'nye sistemy* [Intellectual systems]. Moscow, Laboratoriya znanii Publ., 2016. 221 p.
10. Al Zihri B. *Povyshenie tochnosti kratkovremennogo prognozirovaniya elektricheskoi nagruzki potrebiteli regiona s uchetom metafaktorov na osnove metoda opornykh vektorov*. Diss. kand. tekhn. nauk [Improving the accuracy of short-term prediction of electrical load of consumers in the region, taking into account metafactors based on the method of reference vectors. Dr. eng. sci. diss.]. Novocherkassk, 2015. 182 p. (In Russian).
11. Solomakho K.L. *Primeneniye metoda glavnnykh komponent dlya prognozirovaniya ob"ema elektropotrebleniya energosbytovykh predpriyatii*. Diss. kand. tekhn. nauk [Application of the method of the main components for forecasting the volume of electricity consumption of power-generating enterprises. Dr. eng. sci. diss.]. Chelyabinsk, 2015. 142 p.
12. Luger G.F. *Artificial intelligence: Structures and strategies for complex problem solving*. Boston, Pearson Education, 2002 (Russ. ed.: Lyuger D.F. *Iskusstvennyi intellekt: strategii i metody resheniya slozhnykh problem*. Moscow, Williams Publ., 2005. 864 p.).
13. Solomkin A.V. *Primeneniye neirosetevykh metodov dlya prognozirovaniya potrebleniya elektroenergii* [Application of neural network methods for forecasting electricity consumption]. *Elektronika i informatsionnye tekhnologii = Electronics and information technologies*, 2009, no. 2 (7), pp. 1–4.
14. Toropov A.S., Tulikov A.N. *Prognozirovaniye pochasovogo elektropotrebleniya regional'noi energosistemy s ispol'zovaniem iskusstvennykh neironnykh setei* [Forecasting of regional power supply system power consumption per hour using artificial neural networks]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of Irkutsk State Technical University*, 2017, vol. 21, no. 5, pp. 143–151.
15. Staroverov B.A., Gnatyuk B.A. *Opreделение naibolee perspektivnykh neironnykh setei i sposobov ikh obucheniya dlya prognozirovaniya elektropotrebleniya* [Determination of the most promising neural networks and methods of them training for predicting power consumption]. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta = Vestnik of Ivanovo State Power Engineering University*, 2015, iss. 6, pp. 59–64.

Для цитирования:

Бершадский И.А., Джюра С.Г., Чурсинова А.А. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования электропотребления энергосбытовой компании // Научный вестник НГТУ. – 2020. – № 4 (80). – С. 7–16. – DOI: 10.17212/1814-1196-2020-4-7-16.

For citation:

Bershadsky I.A., Dzhura S.G., Chursinova A.A. *Ispol'zovanie iskusstvennogo intellekta dlya prognozirovaniya elektropotrebleniya energosbytovoi kompanii* [The use of artificial intelligence to predict electric power consumption of a power supply company]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2020, no. 4 (80), pp. 7–16. DOI: 10.17212/1814-1196-2020-4-7-16.