

ВЫБОР СТРУКТУРЫ НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ

Горшенин А.Ю.

Омский государственный технический университет, Омск

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, ветряная электростанция, прогнозирование выработки электроэнергии, сетевая структура, источники энергии.

Аннотация. В исследовании проведена оценка производительности искусственных нейронных сетей в прогнозировании выработки электроэнергии ветроэлектростанций с использованием исторических данных путем изменения структуры сети. Результаты показали, что увеличение количества скрытых слоев и нейронов на каждый слой привело к уменьшению ошибки прогноза, но выбор этих параметров был сделан тщательно, чтобы предотвратить переобучение. Выбранные параметры были определены экспериментальным путем.

CHOOSING THE STRUCTURE OF A NEURAL NETWORK FOR PREDICTING ELECTRICITY GENERATION BY WIND POWER PLANTS

Gorshenin A.Y.

Omsk state technical university, Omsk

Keywords: artificial neural networks, wind farm, power generation forecasting, network structure, energy sources.

Abstract. The study assessed the performance of artificial neural networks in predicting wind power generation using historical data by changing the network structure. The results showed that increasing the number of hidden layers and neurons per layer led to a decrease in prediction error, but the choice of these parameters was made carefully to prevent overfitting. The selected parameters were determined experimentally.

Введение. Энергия ветра является быстро растущим возобновляемым источником энергии, который играет важную роль в удовлетворении мировых потребностей.

Искусственные нейронные сети (ИНС) зарекомендовали себя как эффективный инструмент для прогнозирования выработки электроэнергии ветроэлектростанциями [1]. ИНС могут учиться на исторических данных и выявлять закономерности, которые можно использовать для прогнозирования будущей выходной мощности [2, 3]. Однако производительность ИНС сильно зависит от структуры сети, включая количество слоев и нейронов [4]. Выбор подходящей структуры сети может значительно повысить точность прогнозирования [5].

В статье исследуются различные структуры нейросетей для прогнозирования выходной мощности ветряных электростанций, и сравнивается их производительность. Были обучены и протестированы ИНС с различным количеством скрытых слоев и нейронов и произведена оценка их производительность, используя исторические данные о ветряных электростанциях, пример обучающей выборки приведен в таблице 1.

Табл. 1. Пример обучающей выборки

Наименование параметра	Величина параметра			
	06.01 01:00	06.01 02:00	...	31.12 23:00
Дата, время	06.01 01:00	06.01 02:00	...	31.12 23:00
Выработка электроэнергии ВЭС	2794.97	2634.56	...	1676.77
Скорость ветра	12.615	11.903	...	9.748
Направление ветра	16	14	...	121
Атмосферное давление воздуха	1.00701	1.00681	...	1.00038
Температура воздуха	7.963	7.563	...	18.163

Методология. Использованы исторические данные ветряных электростанций для обучения и тестирования ИНС с различными структурами нейросетей. Набор данных включал данные о почасовой выработке мощности ветряной электростанции за однолетний период, а также погодные и атмосферные условия, такие как скорость и направление ветра, температура и атмосферное давление.

Создана ИНС с разным количеством скрытых слоев и нейронов с помощью библиотеки TensorFlow. Обучены сети, используя алгоритм обратного распространения, и произведена оценка их производительности, используя показатели средней абсолютной ошибки в процентах (MAPE) и коэффициента детерминации (R-квадрат), рассчитанные по формулам (1) и (2):

$$MAPE = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{24} \frac{|P_{ik} - \tilde{P}_{ik}|}{P_{ik}} \cdot 100\% , \tag{1}$$

где P_{ik} – фактическое значение в i -й час k -х суток; \tilde{P}_{ik} – прогнозируемое значение в i -й час k -х суток; N – количество суток в обучающей выборки.

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} , \tag{2}$$

где SS_{res} – это сумма квадратов разностей между фактическими и прогнозируемыми значениями; SS_{tot} – сумма квадратов разностей между фактическими значениями и средним значением.

Результаты. Были обучены и протестированы ИНС с различными сетевыми структурами и произведена оценка их производительности показатели средней абсолютной ошибки в процентах (MAPE) и коэффициента детерминации (R-квадрат). В таблице 2 представлены результаты расчетов метрик производительности моделей.

Табл. 2. Метрики производительности моделей ИНС

Структура нейросети	MAPE	R-квадрат
1 скрытый слой, 10 нейронов	2.01	0.9930
1 скрытый слой, 20 нейронов	3.96	0.9850
2 скрытых слоев, 10 нейронов	2.93	0.9970
2 скрытых слоев, 16 нейронов	1.42	0.9992
2 скрытых слоев, 20 нейронов	0,93	0.9997
2 скрытых слоев, 32 нейронов	0.78	0.9998

Результаты показывают, что нейронная сеть с двумя скрытыми слоями и 32 нейронами в каждом слое обеспечивает наиболее точные прогнозы с MAPE 0.78 и R-квадратом 0,9998.

Заключение. Исследование подчеркивает важность выбора подходящей структуры нейросети при использовании ИНС для прогнозирования выработки электроэнергии ветряными электростанциями. Результаты показывают, что сеть с двумя скрытыми слоями и 32 нейронами в каждом слое обеспечивает оптимальный баланс между сложностью и способностью к обобщению, позволяя модели фиксировать нелинейные отношения между входными функциями и выходной мощностью.

Список литературы

1. Gorshenin A., Denisova L. Forecasting the Power Output of a Wind Power Plant Using an Artificial Neural Network // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, Russian Federation. 2022, pp. 1-5.
2. Gorshenin A., Vasina D. Study of Methods for Forecasting Wind Power Generation Based on the Processing of Meteorological Data // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, Russian Federation. 2022, pp. 1-5.
3. Манусов В.З., Хасанзода Н. Оценка мощности ветроэнергетических установок на основе нечеткой модели ветрового потока и его вероятностных характеристик // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2019. – №1(42). – С. 73-82.
4. Тюньков Д.А., Грицай А.С., Сапилова А.А., Блохин А.В., Родионов В.С., Потапов В.И. Нейросетевая модель для краткосрочного прогнозирования выработки электрической энергии солнечными электростанциями // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2020. – №4. – С. 145-158.
5. Khamitov R.N., Gritsai A.S., Tyunkov D.A., Dugin D.D., Sinitsin G.E. On the method for constructing a training sample in the problems of short-term prediction of electric consumption taking into account the criteria of information and compactness // Industrial Energy. 2017, vol. 8, pp. 23-28.

Сведения об авторе:

Горшенин Алексей Юрьевич – ассистент.