

DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2020.02.067>

УДК 621.311:681.3

ОДНОФАКТОРНЕ КОРОТКОСТРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ВУЗЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

Журнал	Технічна електродинаміка
Видавець	Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Випуск	№ 2, 2020 (березень/квітень)
Сторінки	67 – 73

Автори**П.О. Черненко***, докт. техн. наук, **В.О. Мірошник****, **П.В. Шиманюк**Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна,
e-mail: cher@ied.org.ua* ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0002-5888-4780>** ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-9036-7268>

Запропоновано комбіновану архітектуру штучної нейронної мережі глибинного навчання для векторного прогнозування вузлових навантажень, в якій використовується рекурентний модуль типу LSTM (Long short-term memory – мережі довгої короткострокової пам'яті), вихід якого подається до багатопередового перцептронного з активаційною функцією SELU (scaled exponential linear unit – масштабована експоненційно лінійна функція). Для підвищення ефективності навчання використовується обхідне з'єднання, яке полягає в додаванні входу нейронної мережі до виходу. Проведено порівняльний аналіз двох підходів до короткострокового прогнозування вузлових навантажень енергосистеми. При першому підході для кожного вузла навантаження будується окрема модель на базі штучної нейронної мережі eResNet, при другому – здійснюється векторне прогнозування значень вузлових навантажень з використанням побудованої комбінованої нейронної мережі. Другий підхід дозволяє використати взаємозв'язок між навантаженнями в вузлах

енергосистеми та зменшити кількість обчислювальних операцій, необхідних для побудови моделі, особливо при значній кількості вузлів в енергосистемі. Бібл. 16, рис. 1, таб. 3.

Ключові слова: вузлове електричне навантаження, короткострокове прогнозування, штучна нейронна мережа, рекурентна мережа.

Надійшла	03.12.2019
Остаточний варіант	20.01.2020
Підписано до друку	26.02.2020

УДК 621.311:681.3

ОДНОФАКТОРНОЕ КРАТКОСТРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УЗЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Журнал	Технічна електродинаміка
Издатель	Институт электродинамики Национальной академии наук Украины
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Выпуск	№ 2, 2020 (март/апрель)
Страницы	67 – 73

Авторы

П.А. Черненко, докт. техн. наук, **В.А. Мирошник**, **П.В. Шиманюк**

Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев, 03057, Украина,
e-mail: cher@ied.org.ua

Предложена комбинированная архитектура искусственной нейронной сети глубинного обучения для векторного прогнозирования узловых нагрузок. Особенностью данной нейронной сети есть использование рекуррентного модуля типа LSTM (Long short-term memory – сети долгой краткосрочной памяти), выход которого подается в многослойный перцептрон с активационной функцией SELU (scaled exponential linear unit – масштабированная экспоненциально линейная функция). Для повышения эффективности обучения используется обходное соединение, суть которого заключается в поэлементном суммировании входа и выхода нейронной сети. Проведен сравнительный анализ двух подходов к краткосрочному прогнозированию узловых нагрузок энергосистемы. При первом подходе для каждого узла нагрузки строится отдельная модель на базе искусственной нейронной сети eResNet. При втором подходе осуществляется векторное прогнозирование значений узловых нагрузок с применением предложенной комбинированной нейронной сети. Второй подход позволяет, используя взаимосвязь между нагрузками узлов энергосистемы, уменьшить количество вычислительных операций, необходимых для построения модели, особенно при большом количестве узлов в энергосистеме. Библ. 16, рис. 1, таб. 3.

Ключевые слова: узловая электрическая нагрузка, краткосрочное прогнозирование, искусственная нейронная сеть, рекуррентная сеть.

Поступила	03.12.2019
Окончательный вариант	20.01.2020
Подписано в печать	26.02.2020

Роботу виконано за бюджетною темою «Розвиток засобів комп'ютерного моделювання ЕЕС для оперативного та короткострокового прогнозування навантаження та рівня

стійкості ОЕС України» (шифр “Система-6”), державний реєстраційний номер 0115U005309.

Література

1. Chernenko P.A., Pryhno. V.L. Operational calculation of the stationary mode of energy connection with a shortage telemetry. *Elektrichestvo*. 1985. No 12. Pp. 12-15. (Rus)
2. Gusejnov F.G., Chernenko P.A. To the statistic analysis of the load node of the energy system. *Problemy tekhnicheskoi elektrodinamiki*. 1971. No 30. Pp. 15-20. (Rus)
3. Chernenko P.A., Kuznecov G.G. Determination of information content and short-term forecasting of periodically unsteady random processes in electric power systems. Prieprint-157. Kiev: Institut Elektrodinamiki Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy, 1977. P. 39. (Rus)
4. Valtin Yu.Yu., Meldorf M.V. Forecasting the load of power system nodes according to expert data. *Trudy Tallinskogo politekhnicheskogo instituta*. 1978. No 453. Pp. 17-22. (Rus)
5. Shumilova G.P., Gotman N.Je., Starceva T.B. Prediction of the active and reactive load of EPS units using inversion of an artificial neural network. *Elektrichestvo*. No 6. 2007. Pp. 7-13.
6. Han X.S., Han L., Gooi H.B., Pan Z.Y. Ultra-short-term multi-node load forecasting - a composite approach *IET Generation, Transmission & Distribution*. 2012. No 6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/iet-gtd.2011.0524>
7. Falcao D.M., Bezerra U.H. Short-term forecasting of nodal active and reactive load in electric power system'. *2nd IEE Int. Conf. on Power Systems Monitoring and Control Durham, UK, July*. 1986. Pp. 18-22.
8. Chernenko P., Miroshnyk V. Increasing the accuracy of short-term electrical load forecasting with considering to changes in the structure of consumption during the year. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*. 2017. No 48. Pp. 5-11. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2017.48.005>
9. Aoyang Han, Bin Zhang, Zhongliang Sun, Zhiqiang Niu, Junxiong Wang Nodal load forecast model considering network topology constraints. *IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Conference*. Xi'an.China. 2016. Pp. 939-943. <https://doi.org/10.1109/APPEEC.2016.7779633>
10. Hochreiter Sepp, Schmidhuber Jurgen. Long Short-term Memory. *Neural computation*. 1997. No 9. Pp 1735-1780. DOI: <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
11. Klambauer G., Unterthiner T., Mayr A., Hochreiter S. Self-Normalizing Neural Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. No 30. Pp. 971-980.
12. Veit A., Wilber M., Velioglu S. Residual networks behave like ensembles of relatively shallow networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2016. No 29. Pp. 550-558.
13. Li H., Xu Z., Taylor G., Studer C., Goldstein T. Visualizing the loss landscape of neural

- nets. Proceedings of the *32nd International Conference on Neural Information Processing Systems* (NIPS'18). Montreal. Canada. 2018. Pp. 6391-6401.
14. Kingma D.P., Ba J. Adam. A Method for Stochastic Optimization. Proc. of the *3rd International Conference on Learning Representations* (ICLR). San Diego. USA. 2014. Pp.1-15.
15. Jensen T.V., Pinson P. RE-Europe, a large-scale dataset for modeling a highly renewable European electricity system. *Scientific Data*. 2017. 4, 170175. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.175>
16. Chernenko P.O., Miroshnik V.O. Short-term electrical load forecasting for the electrical supply company with deep neural network. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*. 2018. No 50. Pp. 5-11.
(Ukr) DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2018.50.005>

[PDF](#)



Цей твір ліцензовано на умовах [Ліцензії Creative Commons Із Зазначенням Авторства — Некомерційна — Без Похідних 4.0 Міжнародна](#).