

УДК 621.311:004.85

*Манзевитий В., здобувач,
Покляченко О.В., старший викладач
Державний університет «Житомирська політехніка»*

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Сучасний розвиток енергетичних систем супроводжується зростанням нерівномірності та варіативності електроспоживання, що обумовлено інтеграцією відновлюваних джерел енергії, цифровізацією електромереж, зміною режимів роботи споживачів і впливом зовнішніх факторів, зокрема метеорологічних. За таких умов підвищуються вимоги до точності прогнозування електричного навантаження, оскільки саме якісний прогноз є основою для оперативного диспетчерського керування, оптимізації режимів генерації, зменшення резервів потужності та підвищення надійності функціонування енергосистеми.

Прогнозування електроспоживання зазвичай поділяють на короткострокове, середньострокове та довгострокове. Короткострокове прогнозування охоплює часовий інтервал від кількох годин до кількох діб і використовується для оперативного керування режимами роботи енергосистеми. Середньострокове прогнозування застосовується для планування технічного обслуговування, ремонтів та балансування ресурсів на горизонті від кількох тижнів до місяців. Довгострокове прогнозування орієнтоване на стратегічне планування розвитку енергетичної інфраструктури та оцінювання перспектив зміни попиту.

Традиційні статистичні методи, зокрема авторегресійні моделі типу ARIMA, ефективні для аналізу стаціонарних часових рядів, однак часто виявляються недостатньо гнучкими для опису складних нелінійних залежностей, характерних для сучасних енергетичних даних. У зв'язку з цим дедалі ширше застосовуються методи машинного навчання, здатні виявляти приховані закономірності у великих масивах даних та враховувати вплив багатьох факторів одночасно.

Для побудови моделей прогнозування використовують історичні дані про споживання електроенергії, часові мітки, календарні ознаки, метеорологічні параметри, а також, за потреби, соціально-економічні показники. Серед класичних алгоритмів машинного навчання найбільш поширеними є метод опорних векторів, дерева рішень, випадковий ліс та градієнтний бустинг. Для задач, у яких необхідно враховувати часову структуру ряду, особливий інтерес становлять рекурентні нейронні

мережі, зокрема архітектура LSTM, яка забезпечує моделювання довгострокових часових залежностей та знижує втрати інформації під час обробки послідовностей.

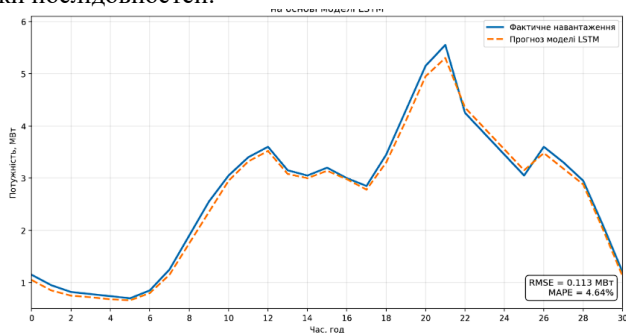


Рис. 1. Результати короткострокового прогнозування електроспоживання на основі моделі LSTM: порівняння фактичних і прогнозованих значень навантаження.

Процес побудови системи прогнозування включає збір, очищення та нормалізацію даних, формування інформативних ознак, вибір архітектури моделі, її навчання та валідацію. Якість прогнозу оцінюється за допомогою метрик похибки, серед яких найбільш уживаними є RMSE та MAPE. Отримані результати можуть бути інтегровані в автоматизовані системи керування для підтримки прийняття рішень у реальному часі.

Використання методів машинного навчання для прогнозування електроспоживання дає змогу підвищити точність оцінювання навантаження, оптимізувати режими роботи генерувальних потужностей, знизити витрати на паливо та підвищити ефективність інтеграції накопичувачів енергії й відновлюваних джерел. Отже, інтелектуальні методи аналізу даних є перспективним напрямом розвитку сучасної енергетики, а подальші дослідження мають бути спрямовані на підвищення точності, адаптивності та інтерпретованості прогнозних моделей.

Список використаних джерел:

1. Guo W., Che L., Shahidehpour M., Wan X. Machine-Learning based methods in short-term load forecasting. *The Electricity Journal*. 2021. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1040619020301767>.
2. Dewangan F., Abdelaziz A. Y., Biswal M. Load Forecasting Models in Smart Grid Using Smart Meter Information: A Review. *Energies*. 2023;16(3):1404. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/3/1404>