УДК 621.311

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

Олімпієва Ю.І.
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій
Україна, Київ
evanaolimp@ukr.net

Анотація. *У статті обґрунтовано необхідність оптимізації енергетичних систем виробничих підприємств України, де забезпечення надійності енергопостачання є пріоритетним фактором, особливо в умовах відновлення критичної інфраструктури. Метою роботи є аналіз можливостей технологій штучного інтелекту для оптимізації цих процесів, зокрема побудовано модель нейронної мережі LSTM для точного прогнозування енергоспоживання.*
Ключові слова: *енергетичні системи; штучний інтелект; виробниче підприємство; нейронні мережі.*

Вступна частина. Будь-яке підприємство, незалежно від його масштабів, є споживачем енергетичних ресурсів. Оптимізація енергетичної системи виробничого підприємства стосується двох основних аспектів: економічного зростання та забезпечення надійності, при цьому фактор надійності відіграє пріоритетну роль порівняно з економічною ефективністю, оскільки стабільність енергопостачання є критичною для функціонування підприємства. Важливим етапом пошуку оптимального рішення є аналіз, інтерпретація та обробка значних обсягів даних, що потребує значних часових ресурсів. Для підвищення ефективності процесу прийняття рішень доцільним є використання новітніх досягнень науки, зокрема систем і алгоритмів штучного інтелекту (далі – ШІ). Термін “штучний інтелект” на сьогодні не має чіткого та універсального визначення, OECD (Європейська Комісія) трактує ШІ як машинну систему, яка для явних або неявних цілей здійснює висновки з отриманих вхідних даних та генерує вихідні дані, такі як прогнози, контент, рекомендації або рішення, що можуть впливати на фізичне або віртуальне середовище [1]. Для наукового обґрунтування результатів досліджень по оптимізації енергоспоживання через використання систем ШІ використано метод наукового пізнання, а саме при розкритті особливостей використання ШІ в енергетичній системі підприємства; також методи узагальнення, аналізу та синтезу для оцінки тенденцій розвитку сучасних технологій ШІ в енергетичні системі.

Мета дослідження. Розглянути та проаналізувати можливості застосування технологій ШІ у процесах енергетичних систем виробничих підприємств з метою їхньої оптимізації.

Основна частина. Енергосистеми виробничих підприємств відрізняються за масштабом і рівнем складності, що зумовлює варіативність рішень щодо організації енергопостачання та розподілу енергетичних ресурсів у межах підприємства. Однак енергосистема підприємства є стійкою системою, що означає прогнозовану зміну її параметрів у часі. Таке завдання потребує обробки та інтерпретації результатів величезного масиву даних. Виконання саме такого роду завдань може бути засноване на застосуванні технологій ШІ, таких як нейронні мережі (НМ) та машинне навчання, що дозволяє створювати самонавчальні комп'ютерні системи для оптимізації енергосистем підприємств. Ці системи здатні виявляти закономірності в даних, робити прогнози та адаптуватися до

змінних умов, що є критично важливим для стабільної роботи підприємств. Це сприяє підвищенню гнучкості, надійності та безпеки функціонування енергосистеми, зменшенню витрат на планове та аварійне обслуговування, а також забезпечує більш раціональне використання енергоресурсів [2-3].

Оскільки функціонування підприємства безпосередньо залежить від стабільності його енергетичної системи, її надійність та ефективна оптимізація є пріоритетним завданням для керівництва. З цією метою була розроблена та покращена модель нейромережі для прогнозу енергоспоживання, яка може бути корисною для виявлення аномалій та відхилень від звичайного енергоспоживання конкретним підприємством, також може бути використана як складовий інформаційний елемент для подальшого аналізу та розробки плану оптимального енергоспоживання, що в свою чергу є одним з чинником, що впливає на стійкість виробництва. Опис симуляційної моделі нейромережі [4]:

1) Для ефективного прогнозування енергоспоживання підприємства використовується рекурентна нейромережа LSTM, яка спеціально була розроблена для роботи з послідовними даними. Ця технологія штучного інтелекту дозволяє виявляти складні залежності, завдяки здатності запам'ятовувати інформацію протягом тривалого періоду часу.

2) Експерементальна модель містить два шари LSTM з 50 нейронами кожен. Перший шар повертає послідовності для другого шару. Між ними було використано шари Dropout (із ймовірністю 0.2) для запобігання перенавчання моделі. Завершується модель щільним (Dense) шаром з одним нейроном, який виробляє скалярне значення - прогнозу енергоспоживання.

3) Для навчання моделі дані були розділені на тренувальний (80%) та тестовий (20%) набори, встановлені гіперпараметри (навчання протягом 20 епох з розміром пакету 32). Використано алгоритм оптимізації Adam та функцію втрат `mean_squared_error`, енергоспоживання було нормалізовано за допомогою `MinMaxScaler`, що зменшило вплив різних масштабів на модель та допомогло моделі швидше та ефективніше навчатися.

4) Після навчання модель прогнозувала енергоспоживання на тренувальному та тестовому наборах. Для оцінки точності прогнозів використано метрику кореневої середньоквадратичної помилки (RMSE). Отримані значення RMSE для тренувального та тестового наборів допомогли оцінити якість моделі. Отриманні значення вказують на достатню точність моделі у прогнозуванні енергоспоживання на основі історичних даних. Візуалізація результатів підтвердила відповідність прогнозованих значень реальним (Рис. 1).

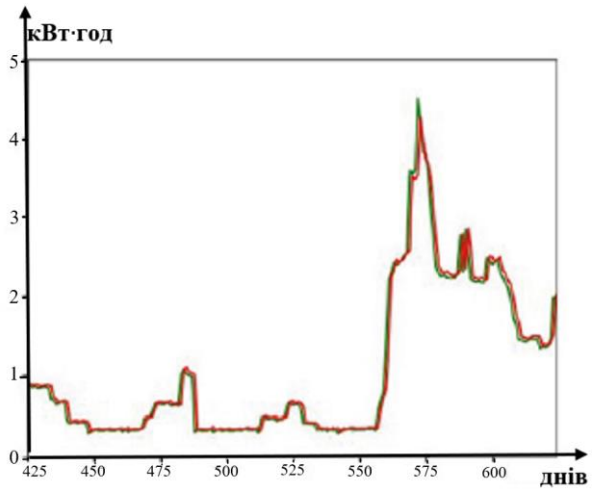

Рис. 1. Графіки реального (зелений) та прогнозованого (червоний) електроспоживання за 2 роки покращеної моделі.

Висновки.

У результаті проведеного дослідження обґрунтовано, що штучний інтелект є передовою технологією для підвищення енергоефективності та надійності функціонування енергосистем промислових підприємств. Для успішного відновлення України після війни необхідно інтегрувати ШІ в промислові підприємства, використовуючи вітчизняні та світові наукові розробки.

Розроблено та застосовано модель прогнозування з використанням LSTM архітектури нейронних мереж, яка дозволила побудувати прогнозні моделі енергоспоживання на основі історичних даних.

Ефективність розробленої моделі підтверджена кількісними показниками та їхньою графічною ілюстрацією.

Візуалізація результатів підтвердила відповідність прогнозованих значень реальним, що доводить практичну придатність моделі ШІ для використання в системах моніторингу та управління енергоресурсами підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

[1] Artificial Intelligence for Europe. EC. Brussels. SWD. (2018). 137 final. 25.4.2018. *EUR-Lex: official website of the European Union.*

[2] Печенюк, А.В., Печенюк, В.А. **(**2024**).** Перспективи застосування штучного інтелекту для покращення енергозбереження в умовах України. *Інноваційна економіка*, 2(2024), 46–52.

[3] Мальцев, А. (2022). Аналіз сучасних досягнень у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту. *Інформаційні технології та суспільство*, 2(4), 65–69.

[4] Олімпієва, Ю.І. (2025). Модель нейромережі енергоефективності виробничого процесу підприємства в умовах стабілізаційних відключень електроенергії в Україні. *Зв'язок*, 2 (77), 102-113.

Olimpiyeva Yu.I.

Artificial intelligence for optimizing energy consumption in Ukrainian industrial enterprises

Abstract. *The article substantiates the necessity of optimizing energy systems of industrial enterprises in Ukraine, where ensuring the reliability of energy supply is a priority factor, especially in the conditions of critical infrastructure restoration. The purpose of the work is to analyze the capabilities of artificial intelligence technologies for the optimization of these processes, and specifically, an LSTM neural network model was constructed for accurate energy consumption forecasting.*

Keywords: *energy systems; artificial intelligence; industrial enterprise; neural networks.*