

Гібридне моделювання в задачі прогнозування обсягу електроенергії для забезпечення ефективної роботи Водоканалів

A hybrid AI model for forecasting electricity volume to optimize water supply company efficiency

Serhii Klimov, Tetiana Starovoit



National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine



Актуальність проблеми



- ❖ Підвищення енергетичних витрат внаслідок зростання споживання води.
- ❖ Ризик аварійних ситуацій через нестабільне навантаження.
- ❖ Необхідність економії ресурсів та підвищення ефективності насосних станцій.

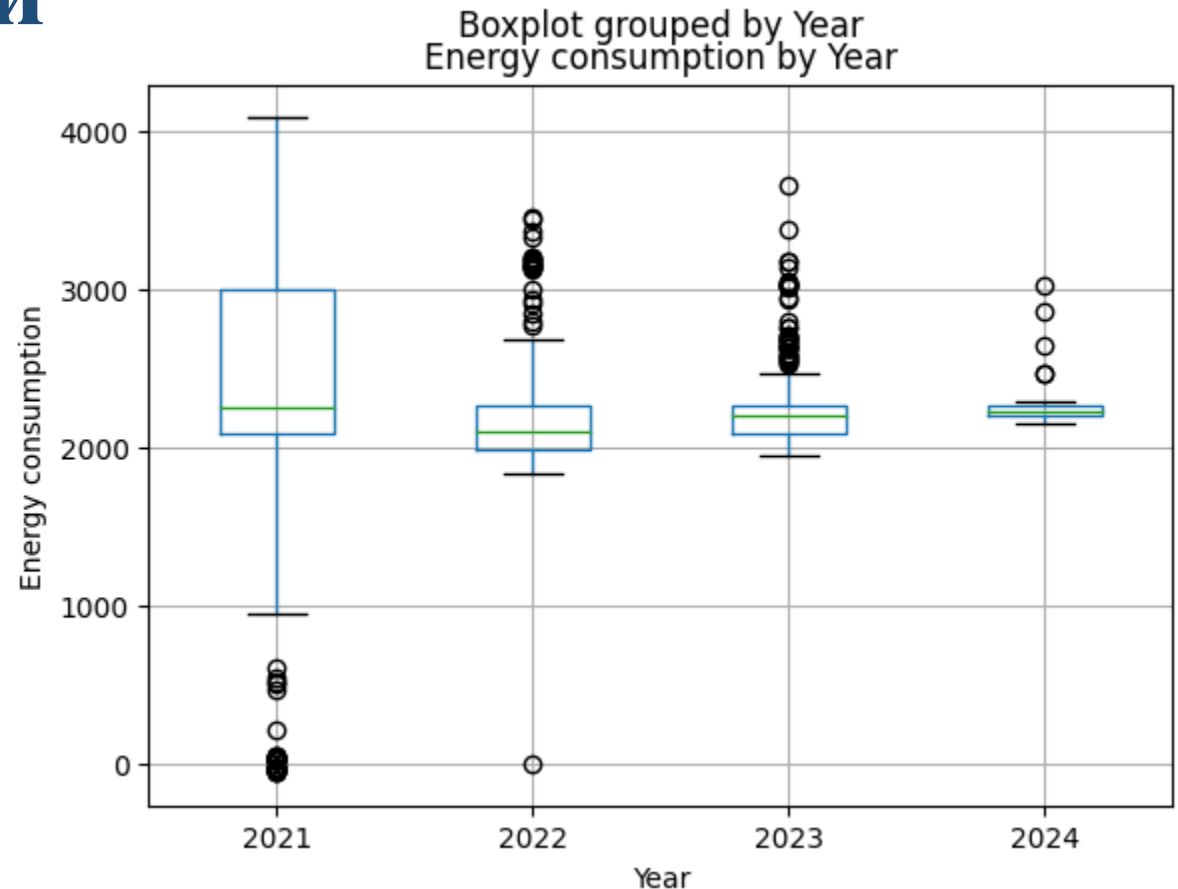


Problem Formulation

Актуальність проблеми

З дефіцитом енергетичних і водних ресурсів управління енергетичними і водними ресурсами водорозподільних мереж (WDN) стає все більш важливим.

Споживання енергії насосами становить 90–95% від загальної енергії, що використовується в WDN. Враховуючи практичні проблеми економічної експлуатації, вкрай важливо підвищити енергоефективність насосів і ефективність використання водних ресурсів WDN.



Problem Formulation

Цілі прогнозування електричного навантаження

- ❖ Забезпечити стабільне та безперебійне водопостачання.
- ❖ Оптимізувати витрати на електроенергію.
- ❖ Підтримувати надійну роботу обладнання та продовжити його термін служби.

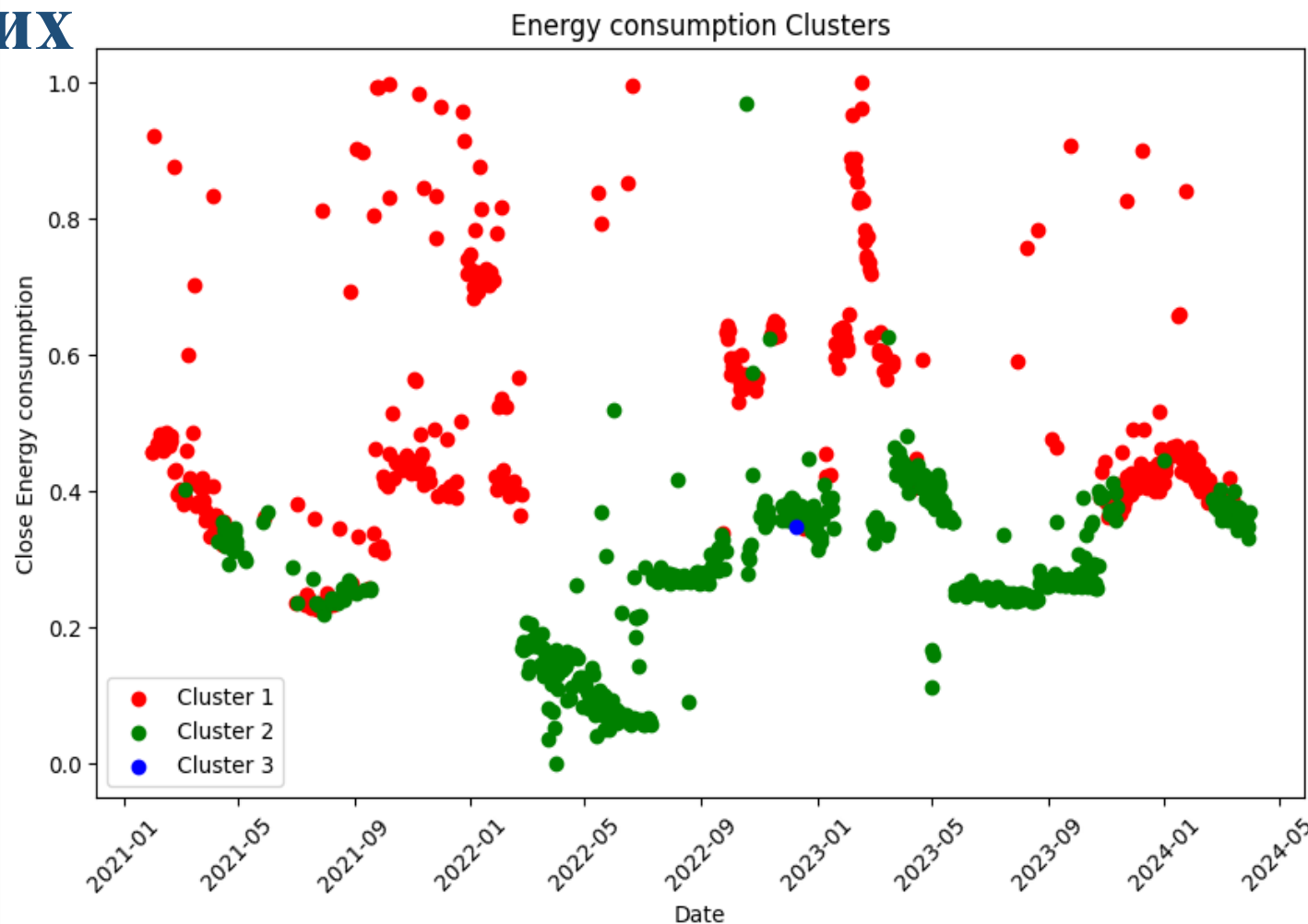
Ключові фактори, що впливають на навантаження

- Сезонність (літні та зимові піки споживання).
- Погодні умови (температура, вологість).
- Особливості водоспоживання споживачів.
- Планові профілактичні роботи та аварійні ситуації.



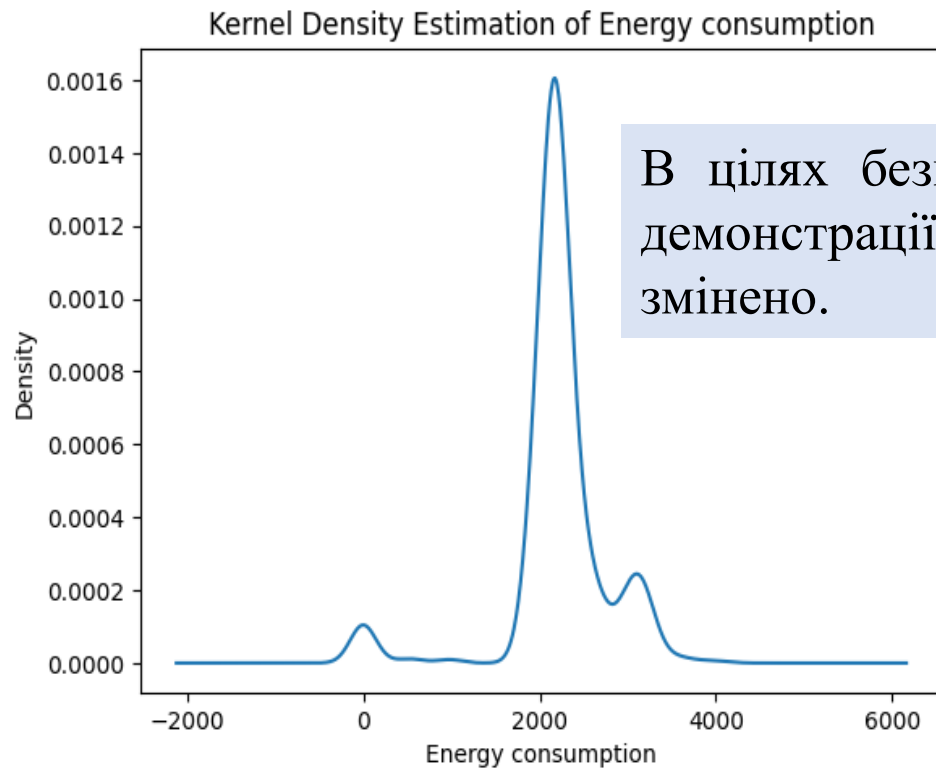
Процес підготовки даних

В даному дослідженні ми використали дані про споживання електроенергії насосними станціями для задач розподілу води протягом останніх п'яти років. Методами машинного навчання (кластерний аналіз) розділили на групи високого споживання, помірного споживання та аномального споживання.

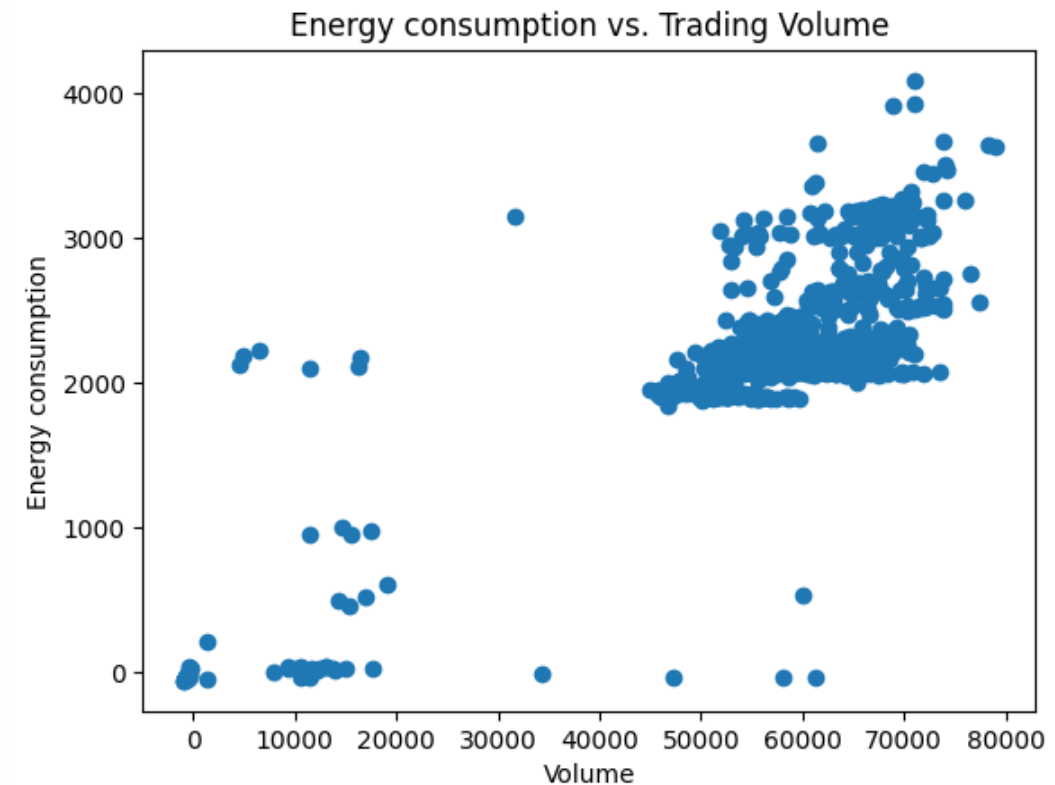


Процес підготовки даних

Дані для дослідження були зібрані в автоматичному режимі (технологія IoT) та напівавтоматичному.



В цілях безпеки дані для демонстрації та публікації змінено.



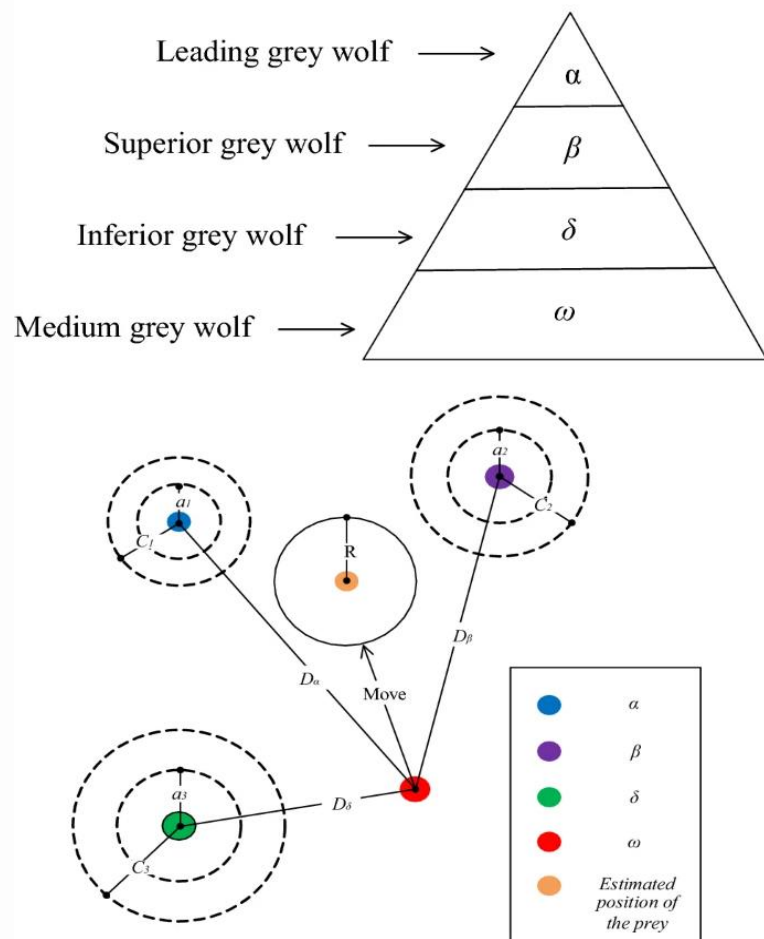


Рисунок 1. – Принципова схема ієрархії популяції сірого вовка та процесів хижацтва [1]

Grey Wolf Optimizer (GWO)

GWO – це алгоритм оптимізації, натхненний поведінкою зграї сірих вовків, який широко використовується для розв'язання задач прогнозування, зокрема в енергетиці. Використання GWO для прогнозування обсягу електричного навантаження для водопровідних насосних станцій може бути ефективним завдяки його здатності адаптивно знаходити оптимальні рішення для складних і нелінійних моделей [1].

Інновація запропонованого методу полягає в його автономній архітектурі, яка не потребує підтримки професійних програмних засобів моделювання. Метод складається з двох ансамблів із трьох базових моделей прогнозування, які є точними, простими у впровадженні, вимагають обмеженої кількості даних для ефективного навчання та є стійкими до переобладнання та невизначеності, а також євристичний алгоритм оптимізації, який є гнучким у умови введів і правила переміщення навантажень.



Алгоритм GMDH

Алгоритми GMDH характеризуються методом аргументації, у якому сортування виконується на поліноміальних моделях, складність яких поступово зростає, щоб вибрати найкраще рішення за заданим зовнішнім критерієм. У базовій структурі, запропонованій Івахненком, поліноміальні функції відображення (переважно квадратичні функції) використовуються в кожному нейроні GMDH і підбираються методом найменших квадратів.

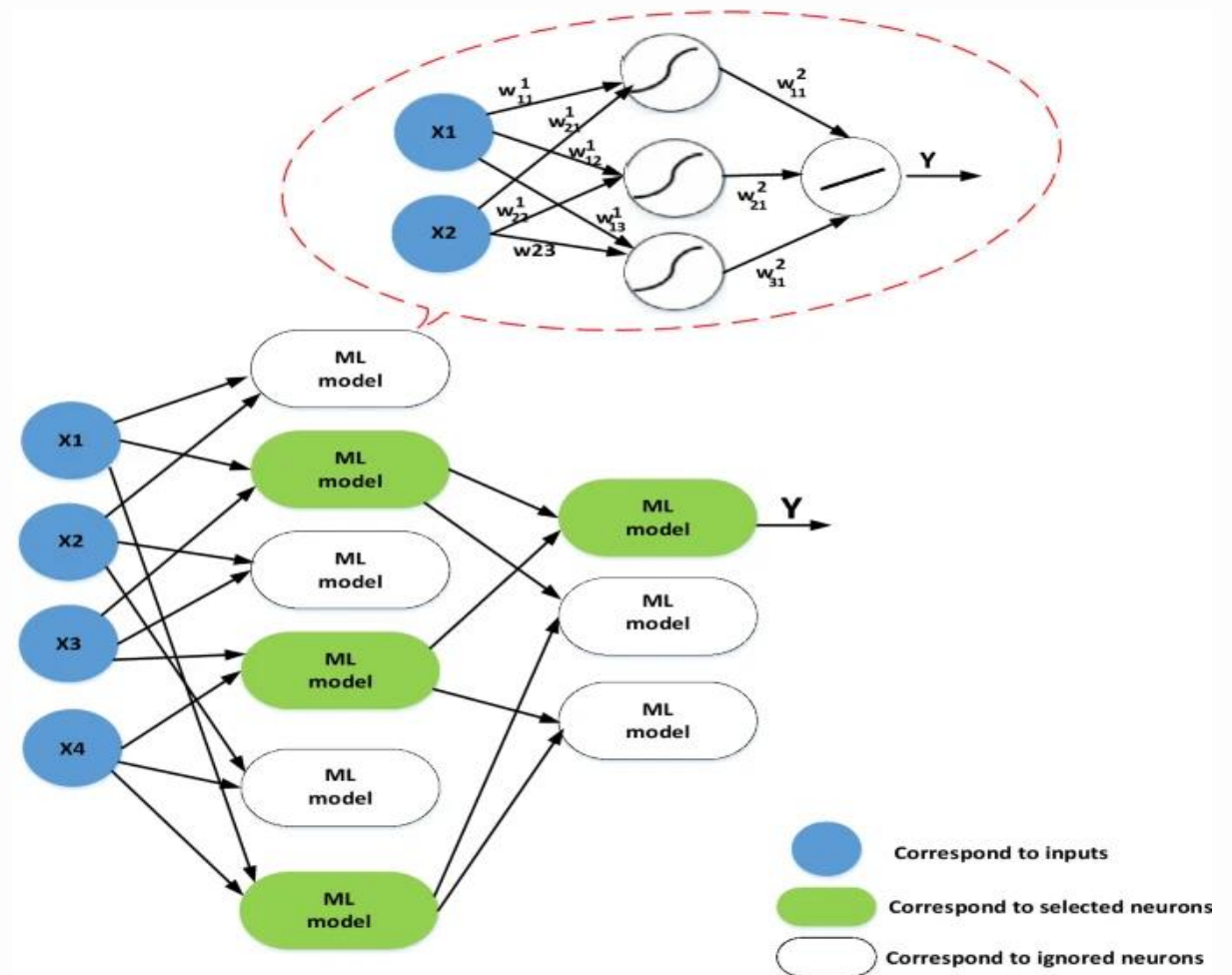
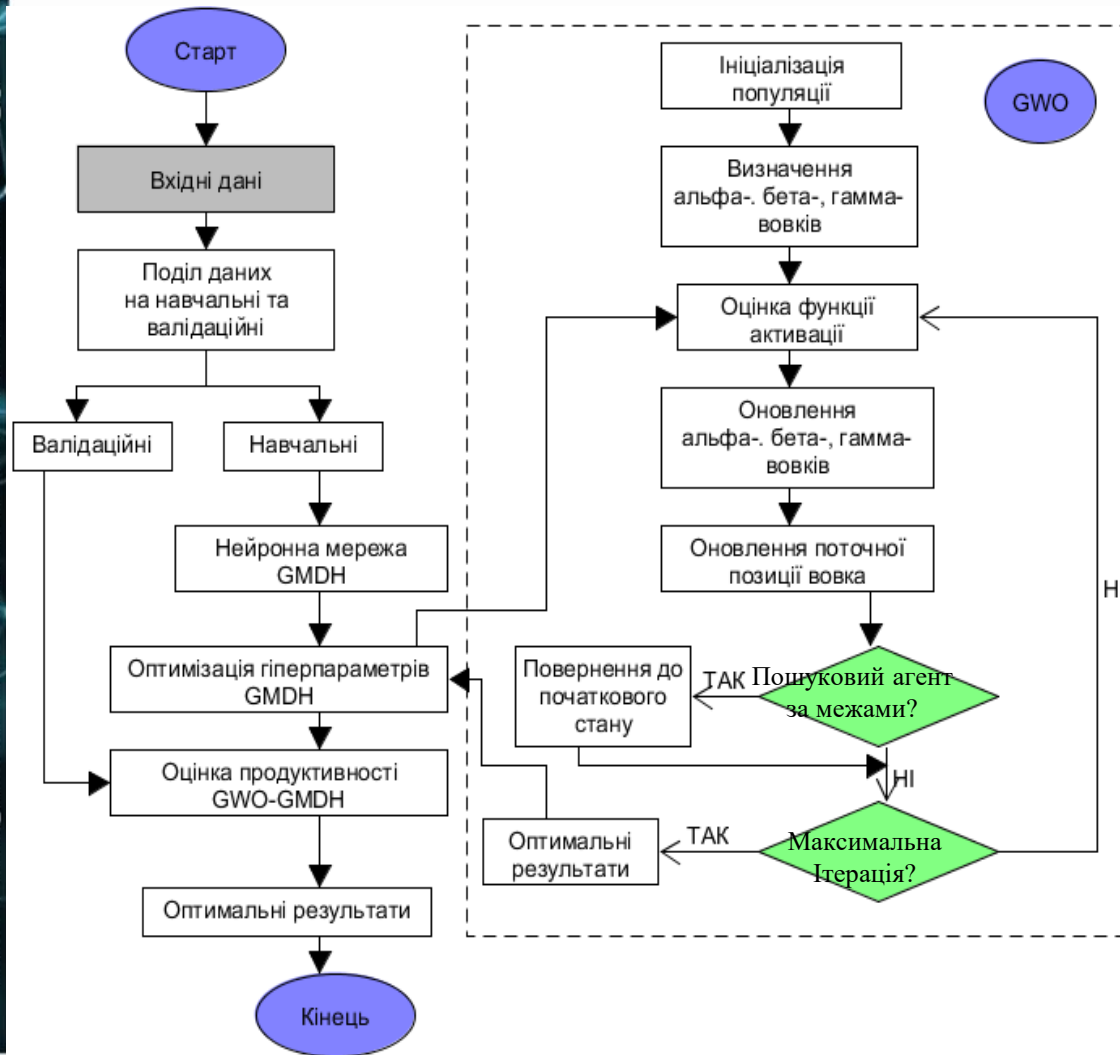


Рисунок 2. – Модель GMDH [2]



Methods

Детальна блок-схема алгоритму GWO-GMDH



Поєднання GWO-GMDH є дуже перспективним для задач прогнозування в умовах складних і нелінійних залежностей, особливо у сфері енергетики, прогнозування електричного навантаження та управління водопостачанням. Це гібридне рішення підвищує точність, адаптивність і стійкість моделей, дозволяючи системам працювати ефективніше та зменшувати витрати на електроенергію.

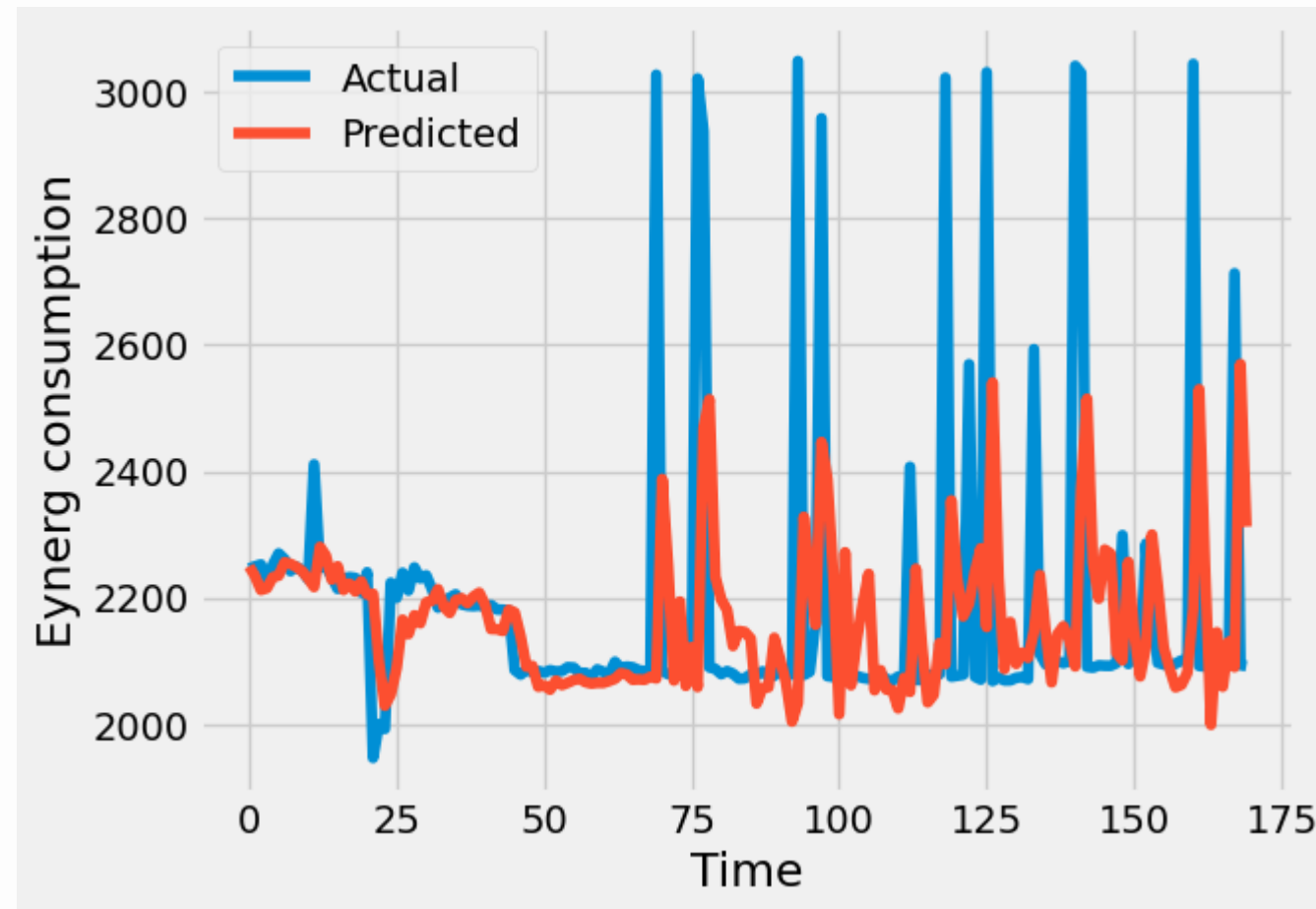
Переваги даної гібридизації:

1. Підвищення точності прогнозування.
2. Стійкість до складних і великих даних.
3. Зниження ризику локальних мінімумів.
4. Простота налаштування та адаптивність.
5. Швидкість і ефективність розрахунків.
6. Можливість роботи з нелінійними та складними залежностями.



Results

Алгоритм GWO використали для оптимізації параметрів моделі GMDH, зокрема кількості шарів та типу функцій активації. Це дозволило автоматично налаштовувати модель, забезпечуючи високу точність без ручного підбору параметрів. Мережа GMDH адаптувалась до нелінійних залежностей у даних, що було дуже корисним для прогнозування складних часових рядів, таких як споживання електроенергії. Комбінація з GWO дозволила обрати найкращу структуру, забезпечуючи адаптивність моделі до змін у даних.



Conclusions

Ідея поєднання GWO та GMDH для прогнозування оптимального електричного навантаження в задачах розподілу води надає такі переваги:

- **Підвищення точності прогнозування:** поєднання GWO і GMDH дозволила створювати моделі з високою точністю прогнозування завдяки оптимізації вагових коефіцієнтів і нелінійних зв'язків у моделі. Це особливо важливо для прогнозування складних і нелінійних систем, таких як електроспоживання у компаніях водопостачання, де враховується багато факторів (погодні умови, споживчий попит тощо).
- **Швидка адаптація до змін:** Використання GWO дозволило адаптивно змінювати параметри GMDH у разі нових даних або зміни умов. Це забезпечило можливість створення моделей, що швидко підлаштовуються під нові обставини та забезпечують точне прогнозування в реальному часі.
- **Автоматизація процесу моделювання:** Поєднання GWO з GMDH автоматизувало процес пошуку оптимальної моделі, що зменшило час і зусилля, необхідні для її розробки. Це дозволило швидше знаходити точніші прогнози та забезпечувати ефективне управління ресурсами.





ДЯКУЄМО ЗА УВАГУ!

КОНТАКТИ

s.v.klimov@nuwm.edu.ua

starovoyt.tania@lil.kpi.ua



National University of Water
and Environmental
Engineering

МСІТ`2024



СПИСК ЛІТЕРАТУРИ

1. Yihui Qiu, Xiaoxiao Yang, Shuixuan Chen. An improved gray wolf optimization algorithm solving to functional optimization and engineering design problems. [*Scientific Reports*](#) **volume 14**, Article number: 14190 (2024).
2. Mehdi Amiri, Seyfollah Soleimani. ML-based group method of data handling: an improvement on the conventional GMDH Volume 7, pages 2949–2960, (2021).
3. Xuetao Li, Ziwei Wang, Chengying Yang , Ayhan Bozkurt. An advanced framework for net electricity consumption prediction: Incorporating novel machine learning models and optimization algorithms. *Energy* Volume 296, 1 June 2024, 131259
4. M. Bouzerdoun, A. Mellit, A.M. Pavan A hybrid model (SARIMA–SVM) for short-term power forecasting of a small-scale grid-connected photovoltaic plant *Sol Energy*, 98 (2013), pp. 226-235
5. L. Ekonomou Greek long-term energy consumption prediction using artificial neural networks *Energy*, 35 (2010), pp. 512-517
6. Bouktif, S.; Fiaz, A.; Ouni, A.; Serhani, M. Multi-Sequence LSTM-RNN Deep Learning and Metaheuristics for Electric Load Forecasting. *Energies* 2020, 13, 391. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
7. Stosov, M.A.; Radivojevic, N.; Ivanova, M. Electricity Consumption Prediction in an Electronic System Using Artificial Neural Networks. *Electronics* 2022, 11, 3506. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

