

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

# МЕТОД КЕРУВАННЯ РОЗПОДІЛОМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ CLOUD-FOG-АРХІТЕКТУР ДЛЯ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Виконала

ст. групи КСММ-22-1

Гладченко Ю.Л.

Керівник

Ст. викладач кат. ЕОМ

Знайдок В.Г.

## МЕТА ТА ЗАДАЧІ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Мета роботи запропонувати метод керування розподілом електроенергії для розподільних мереж на основі хмарно-туманої архітектури.

Задачі:

- Провести аналіз хмарно-туманої архітектури в якій відбувається керування електроенергією
- Розглянути інтелектуальний підхід побудований на використанні нейронних мереж
- Провести моделювання для купівельного навантаження в реальному часі.

## АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

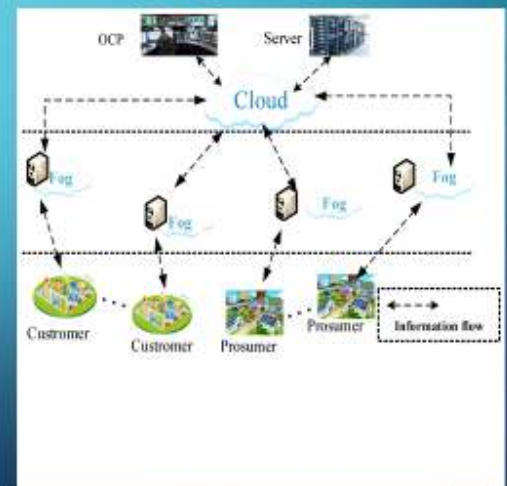
Зі зростанням проникнення пристроїв Інтернету речей і розподілених енергетичних ресурсів у розподільчій мережі наступного покоління ефективне управління енергією для роботи системи стикається з новими проблемами. Однією з причин є те, що великі ресурси не можуть бути підключені до системи диспетчерського контролю та збору даних, які мають обмежені можливості зберігання та обчислення.

Щоб адаптуватись до нових вимог до енергоменеджменту розподільних мереж (PM) наступного покоління, у цій роботі пропонується найсучасніший метод енергоменеджменту, який називається ієрархічною архітектурою хмари та туману.

## АРХІТЕКТУРА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГІЄЮ НА ОСНОВІ ХМАРИ Й ТУМАНУ

Рівні туманних обчислень відповідають за аналіз кластеризації та регресійне прогнозування шляхом видобутку базових даних із базових одиниць клієнтів і споживачів у PM. Рівень хмарних обчислень використовується для досягнення загальної оптимізації мети.

У цій архітектурі клієнти та споживачі знаходяться в очікуванні на терміналі PM, ієрархічні шари туману та хмари працюють спільно в процесі управління енергією.



## ТЕРМІНАЛЬНІ БЛОКИ

На рисунку показано структуру з'єднання та зв'язку в РМ, де система бази даних використовується для зберігання даних від інтелектуального лічильника та пристроїв IoT, а шари туману, пов'язані з системами баз даних, можуть виконувати певну обчислювальну функцію для підготовки вхідних даних для служби верхнього рівня.

Схема підключення та зв'язку пристроїв Інтернету речей (IoT)

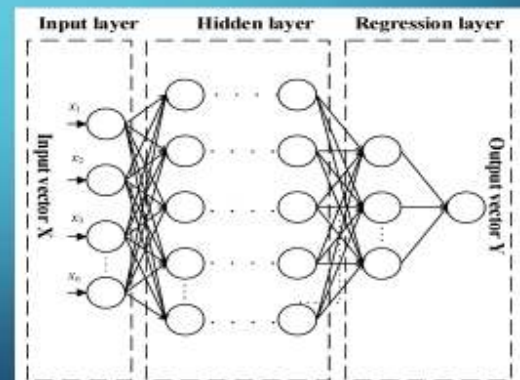


## ШАР ТУМАНУ

Штучні нейронні мережі (ШНМ), показані на рисунку, можуть бути використані для регресійного аналізу шляхом навчання та навчання для вибіркового даних. У загальній штучній нейронній мережі є вхідні рівні, прихований шар і рівень регресії. Беручи за приклад регресійний аналіз споживання електроенергії користувачем, вхідні дані (тобто атрибут дати, атрибут ціни електроенергії, дані про погоду тощо) є факторами, які можуть вплинути на поведінку споживача, а вихідні дані — це кількість спожитої енергії.

Споживач поведінка споживачів і споживачів може бути передбачена на основі регресійного аналізу ШНМ. Таким чином, рівні обчислення туману можуть надавати адекватну інформацію про керування навантаженням для операторів систем розподілу. Крім того, вихідні дані від ВДЕ для споживачів також можуть бути використані для регресійного аналізу з навчанням і тренуванням ШНМ у шарах туману, де інформація про вхідні дані включає географічну інформацію, дані про потік (наприклад, швидкість вітру, освітленість тощо), розподілені тип потужності та ін.

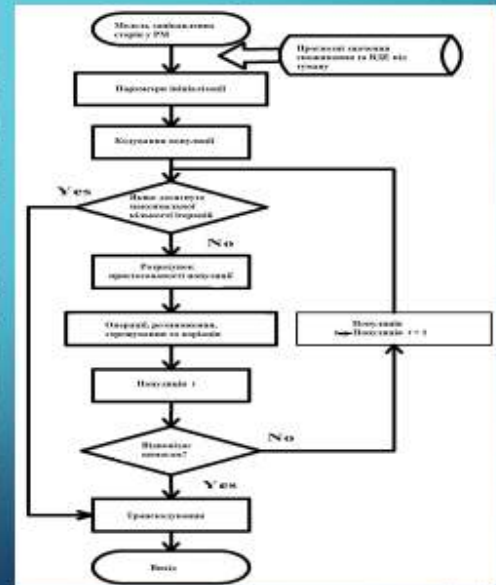
Діаграма нейронних мереж (НМ), розгорнутих у шарах туману.



## ХМАРНИЙ РІВЕНЬ

На основі інформації, зібраної з шарів туману, хмарний рівень відповідає за управління енергією всієї РМ і прийняття рішень, що включає оптимальне планування, розрахунок стабільності та участь у ринкових транзакціях. Зв'язок з туманом і командною інформацією може здійснюватися через глобальну мережу, наприклад, Інтернет. Метод ШІ, розгорнутий у хмарі, допоможе прийняти оптимальне рішення.

Ця робота вирішує проблему глобальної оптимізації, створення хмарою, за допомогою ГА, яка може вирішувати великомасштабні дискретні та нелинійні проблеми з хорошою стійкістю. ГА моделює мутацію, обмін і природний відбір біологічного розмноження (визначення найприспособлішого), кодуєчи можливі рішення проблеми у вектор, причому кожен елемент вектора називається геном, і використовує цільову функцію для оцінки кожного в групі. Відповідно до ступеня пристосованості особини відбираються, обмінюються, мутуються та використовуються вихідні ГА для отримання нових популяцій, як показано на рисунку.



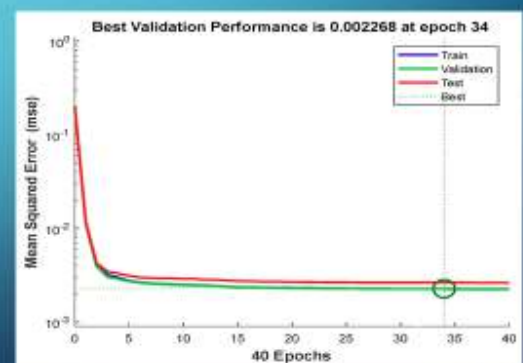
## ОБЧИСЛЕННЯ ТУМАНУ

У шарах туману використовується багatoшарова мережа прямого зв'язку на основі алгоритму Левенберга-Марквардта, щоб контролювати та вивчати споживання електроенергії всіма клієнтами та, зрештою, робити прогноз за допомогою регресійного аналізу. Набір даних цього тесту відноситься до даних про навантаження BIOND.

Параметри НМ такі:

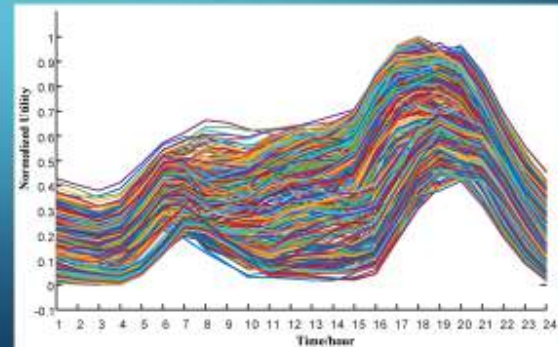
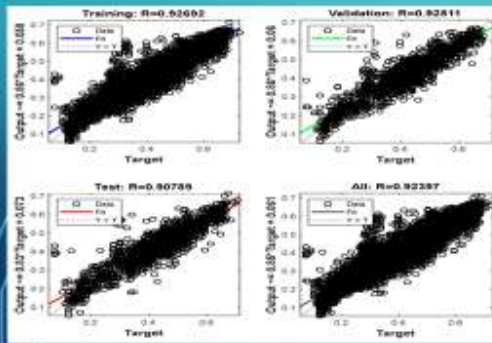
- 1) вхідні дані включають час, тип часу, температуру, вологість, освітленість;
- 2) вихідна дана є прогнозованим значенням безперервного навантаження клієнтів;
- 3) навчальний набір становить 70% вхідних даних, набір перевірки – 15% вхідних даних і тестовий набір – 15% даних;
- 4) ця НМ складається з одного прихованого шару з 10 нейронів;
- 5) Навчання НМ припиняється, якщо здатність мережі до узагальнення не покращується. Ефекти регресії показані на наступному рисунку.

На рисунку, середня квадратична помилка починає відповідати вимогам на 34 епоках через навчання НМ і припиняє навчання після 40 епох.



## РЕГРЕСІЯ

Загальноприйнято вважати, що ефект регресії гарний, якщо значення перевищує 0,9. R-значення, показане на рисунку зліва, перевищує 0,92, тому вважається, що ефект регресії гарний після тренування. Функція нормалізованої корисності показана на рисунку з права

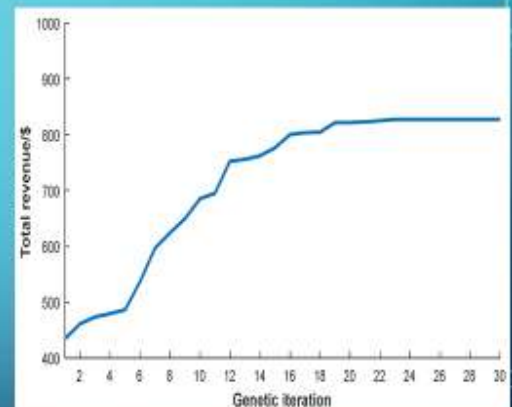


## ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ

Коли оптимізація в реальному часі виконується на хмарному рівні,  $\omega$  у кожному часовому інтервалі береться як  $\bar{m}$  (середнє значення). Інтелектуальний інструмент ГА використовується для глобальної оптимізації цілей прийняття рішень на хмарному рівні.

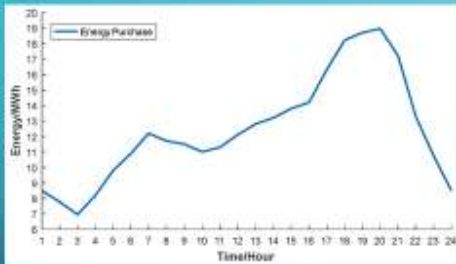
Параметри ГА вибираються наступним чином: розмір популяції вибирається 40, максимальна генетична алгебра 30, частота мутацій 0,05 і перехресне успадкування 0,6. Перед обчисленням всього часу (1–24 год) беремо вхідні дані 13 год для перевірки валідності алгоритму. Траєкторія збіжності алгоритму ГА показана на рисунку.

Видно, що результати починають зближуватися в 23 епосі.



## РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

Результат купівельного навантаження в реальному часі показано на рисунку

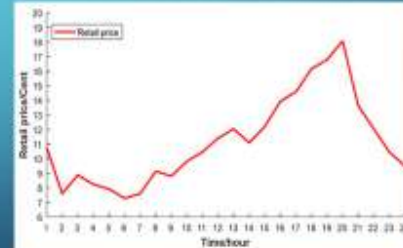


Обсяг електроенергії, купленої за 24 години на оптовому ринку.

Роздрібна ціна РМ у реальному часі, яка використовується для розрахунку доходів зацікавлених сторін у реальному часі, показана на рисунку.

Після впровадження в шарах туману/хмари ОСР може створити стратегію закупівель на оптовому ринку. Оптова ринкова ціна встановлена на рівні 0,353 цента/кВт-год.

Роздрібна ціна електроенергії за 24 год.



11

## ВИСНОВКИ

- Проведено аналіз хмарно-туманої архітектури в якій відбувається керування електроенергією
- Розглянуто інтелектуальний підхід побудований на використанні нейронних мереж
- З використанням мови Python, було проведено моделювання для купівельного навантаження в реальному часі.

12



ДОДАТОК Б  
АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Національний університет оборони  
Азербайджанської республіки  
Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут"  
Харківський національний  
університет радіоелектроніки  
Національний аерокосмічний університет  
імені М. Є. Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"  
Університет технології і гуманітарних наук  
(м. Бельсько-Бяла, Польща)

# ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Тези доповідей одинадцятої міжнародної  
науково-технічної конференції  
16 – 17 листопада 2023 року  
**Том 1: секції 1, 2, 5, 7**

Баку – Харків – Бельсько-Бяла –2023

## МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА БАЗІ ІЄРАРХІЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ CLOUD-FOG

Ляшенко О.С., Знайдюк В.Г., Гладченко Ю.В.

Харківський університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Зі зростанням проникнення пристроїв Інтернету речей і розподілених енергетичних ресурсів у розподільчій мережі наступного покоління ефективно управління енергією для роботи системи стикається з новими проблемами. Однією з причин є те, що великі ресурси не можуть бути підключені до системи диспетчерського контролю та збору даних, які мають обмежені можливості зберігання та обчислення [1]. Щоб адаптуватись до нових вимог до енергоменеджменту розподільних мереж наступного покоління, в роботі пропонується метод енергоменеджменту, який називається ієрархічною архітектурою хмари та туману.

**Метою доповіді** є побудова моделі корисності та прибутку для різних зацікавлених сторін, включаючи звичайних клієнтів, споживачів і операторів систем розподілу [2].

Крім того, вбудовуючи модуль штучного інтелекту в запропоновану архітектуру, управління енергією може бути реалізовано автоматично. Запропоновано використання нейронної мережі на рівнях туманних обчислень для досягнення регресійного прогнозування поведінки споживання енергії та вихідної потужності джерела живлення. Крім того, на основі цільової функції максимізації корисності кількість споживання енергії клієнтами та споживачами в розподільчій мережі була оптимізована за допомогою генетичного алгоритму на хмарному рівні.

Запропоновані методи були протестовані з набором звичайних клієнтів і споживачів у загальній мережі розповсюдження, і результати, в тому числі зафіксовані моделі використання клієнтів і доходи різних зацікавлених сторін, підтверджують ефективність запропонованого методу. Цю роботу можна розглядати, як ефективний довідник для розробки систем управління енергією в реальному часі для розподільчої мережі наступного покоління.

### Список літератури

1. Корнієнко, С., Ляшенко, О. and Торба, А. (2023) "Management method of electricity generation system using wireless technologies", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 2(24), pp. 80–89. doi: 10.30837/ITSSL2023.24.080.
2. Lu, T.; Wang, Z.; Ai, Q.; Lee, W. Interactive Model for Energy Management of Clustered Microgrids. *IEEE Trans. Ind. Appl.* 2017, 53, 1739–1750.
3. Chen, C.-R.; Lan, M.-J.; Huang, C.-C.; Hong, Y.-Y.; Low, S.H. Demand Response Optimization for Smart Home Scheduling Using Genetic Algorithm. In *Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Manchester, UK, 13–16 October 2013; pp. 1461–1465.