

АЛГОРИТМИ ОПТИМІЗАЦІЇ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ МОДЕЛЯХ “РОЗУМНИХ” МІСТ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто сучасні підходи до оптимізації енергетичних систем у контексті розвитку «розумних» міст. Основну увагу приділено методам, які використовують штучний інтелект, зокрема еволюційним алгоритмам, алгоритмам рою частинок та градієнтному спуску. Ці інструменти дозволяють ефективно моделювати енергетичні потоки, прогнозувати споживання та вдосконалювати розподіл енергії. У роботі також розглянуто приклади практичного застосування, зокрема системи керування вуличним освітленням та інтеграцію відновлюваних джерел енергії.

Ключові слова: розумне місто, енергетична оптимізація, штучний інтелект, генетичний алгоритм, моделі енергоспоживання, стале середовище.

Abstract

The article explores modern approaches to optimizing energy systems in the context of smart city development. The main focus is on artificial intelligence-based methods, including evolutionary algorithms, particle swarm optimization, and gradient descent. These tools help model energy flows, forecast consumption, and improve energy distribution. The study also provides practical examples such as street lighting management and integration of renewable energy sources

Keywords: smart city, energy optimization, artificial intelligence, genetic algorithm, energy consumption models, sustainable environment.

Вступ

Останнім часом концепція «розумного» міста перестала бути футуристичною ідеєю — сьогодні її активно впроваджують у багатьох країнах. Розвиток цифрових технологій, Інтернету речей (IoT) та систем штучного інтелекту відкриває нові можливості для підвищення енергоефективності міської інфраструктури. Енергетика — одна з ключових сфер, де такі інновації мають найбільший вплив. Адже грамотне управління енергоспоживанням дозволяє не лише заощаджувати ресурси, а й зменшувати навантаження на мережу та викиди шкідливих речовин.

Основна частина

Проаналізувавши алгоритми оптимізації, слід зазначити, як саме сучасні алгоритми оптимізації дозволяють досягати стабільної роботи енергетичних систем у міських умовах. Основна мета такого підходу — зменшити загальне споживання енергії, оптимізувати розподіл навантаження між різними джерелами, скоротити витрати та інтегрувати відновлювані ресурси (як-от сонячна та вітрова енергія). Зокрема, йдеться про:

- генетичні алгоритми, які ефективно працюють у складних системах, де потрібно знайти найкраще рішення серед великої кількості варіантів [2];

- метод рою частинок (PSO) — базується на принципах колективної поведінки і добре підходить для динамічних завдань [5];
- алгоритми з підкріпленням — навчаються шляхом взаємодії із середовищем і з часом стають адаптивнішими [6];
- класичне програмування — застосовується в задачах із чітко заданими обмеженнями.

На практиці такі підходи вже використовуються в управлінні освітленням вулиць. Наприклад, у Вінниці система регулює яскравість ліхтарів залежно від трафіку, погодних умов і часу доби. Це дозволило скоротити витрати на освітлення майже на 40% без шкоди для безпеки.

Іншим прикладом є мікромережі, де поєднуються традиційні джерела енергії з сонячними панелями, акумуляторами та вітровими турбінами [8]. Застосування нейромереж у поєднанні з оптимізаційними алгоритмами дозволяє цим системам не лише ефективно функціонувати, а й навчатися — прогнозуючи попит, розподіляючи навантаження і керуючи зарядом акумуляторів [10].

Особливу увагу слід приділяти якості даних. Ефективна робота моделей значною мірою залежить від точності інформації, що надходить із сенсорів та моніторингових систем. Саме тому дедалі більше міст інвестують у побудову надійної інфраструктури для збору, зберігання та аналізу даних у реальному часі.

Висновки

Оптимізаційні алгоритми відкривають нові можливості для сталого розвитку міського середовища. Вони сприяють економії ресурсів, підвищенню надійності енергопостачання та інтеграції відновлюваних джерел. Такі підходи вже сьогодні дають відчутні результати, а в майбутньому стануть основою для формування інноваційних рішень у сфері енергетики. Важливо, що ці технології мають високий потенціал масштабування та адаптації до різних умов — від невеликих міст до мегаполісів. Саме тому інтелектуальні алгоритми можна вважати фундаментом для побудови «розумного» і сталого міста майбутнього.

Розроблені підходи можна легко масштабувати і адаптувати під різні міста, незалежно від їх розміру. Вони також можуть бути впроваджені у вже існуючу інфраструктуру без великих змін. Тому алгоритми оптимізації — це ключовий інструмент для створення справді розумних, сталих і енергоефективних міст майбутнього.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gungor, V. C., Sahin, D., Kocak, T., et al. Smart grid technologies: Communication technologies and standards // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2011. – Vol. 7(4). – P. 529–539.
2. Mohammadi, M., Soleymani, S., Mozafari, B. Scenario-based stochastic operation management of microgrid including wind, photovoltaic, micro-turbine, fuel cell and energy storage devices // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2014. – Vol. 54. – P. 525–535.
3. Mirjalili, S. Genetic Algorithm // Evolutionary Algorithms and Neural Networks. – Springer, 2019. – P. 43–55.
4. Kennedy, J., Eberhart, R. Particle Swarm Optimization // Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks. – 1995.
5. Sutton, R. S., Barto, A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. – 2nd ed. – MIT Press, 2018.
6. Zhang, W., Li, F., Wang, Y. Deep reinforcement learning-based energy management for a smart microgrid // Applied Energy. – 2020. – Vol. 264. – Article 114669.
7. Farhangi, H. The path of the smart grid // IEEE Power and Energy Magazine. – 2010. – Vol. 8(1). – P. 18–28.
8. Kabalci, Y. A survey on smart metering and smart grid communication // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 57. – P. 302–318.
9. Khan, M. J., Iqbal, M. T. Pre-feasibility study of stand-alone hybrid energy systems for applications in Newfoundland // Renewable Energy. – 2005. – Vol. 30(6). – P. 835–854.
10. Big Data Value Association (BDVA). Big Data technologies in Smart Cities [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bdva.eu>

Гнатюк Христина Олександрівна – студентка групи ІСП-23б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: gnatiukkris@gmail.com

Олійник Надія Ігорівна – студентка групи ІСП-23б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: nolijinik@gmail.com

Науковий керівник: **Добровольська Наталія Вікторівна** – доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: doobr_n_v@vntu.edu.ua

Натиук Хрystyna O. - student, 1SP-23b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, email: gnatiukkris@gmail.com

Oliiynyk Nadiia I. - student, 1SP-23b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, email: nolijinik@gmail.com

Supervisor: **Dobrovol'ska Nataliia Victorivna** - Associate Professor at the Department of Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, email: doobr_n_v@vntu.edu.ua