

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ В ІОТ-СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ SIGFOX

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглядається застосування нечіткої логіки для оптимізації просторового розташування IoT-давачів та базових станцій у мережах LPWAN на основі технології Sigfox. Проаналізовано існуючі підходи до використання нечітких експертних систем для покращення ефективності передавання даних та управління енергоспоживанням.

Ключові слова: нечітка логіка, Інтернет речей, IoT, Sigfox, LPWAN, експертна система, оптимізація

Abstract

This paper considers the application of fuzzy logic to optimize the spatial arrangement of IoT sensors and base stations in LPWAN networks based on Sigfox technology. The existing approaches to the use of fuzzy expert systems to improve the efficiency of data transmission and energy consumption management are analyzed.

Keywords: fuzzy logic, Internet of Things, IoT, Sigfox, LPWAN, expert system, optimization

Вступ

Інформаційні системи на основі Інтернету речей (IoT) відіграють важливу роль у моніторингу стану навколишнього середовища, промислових об'єктів та міської інфраструктури. Одним із перспективних векторів розвитку IoT є використання мереж зв'язку із низьким енергоспоживанням та великою зоною покриття – Low-power Wide-area Network (LPWAN), серед яких Sigfox займає важливе місце, завдяки енергоефективній передачі даних на великі відстані [1].

Проте, ефективність IoT-систем у мережах LPWAN значною мірою залежить від правильного вибору місць розташування давачів та базових станцій. Традиційні методи оптимізації часто не враховують складність навколишнього середовища та невизначеність параметрів сигналу. Щоб це забезпечити, пропонується використання нечіткої логіки, як методу прийняття рішень для вирішення задачі просторової оптимізації розміщення IoT-обладнання.

Метою даного дослідження було розглянути ефективність застосування нечітких експертних систем для вибору оптимального розташування давачів та базових станцій у мережах Sigfox.

Огляд існуючих рішень у застосуванні нечіткої логіки для IoT

Нечітка логіка широко використовується в системах з використанням Інтернету речей для оброблення невизначених даних, адаптації до змінних умов та оптимізації процесів [2]. Найбільш поширеними напрямками є застосування нечітких експертних систем для управління енергоспоживанням IoT-пристроїв, оптимізації передачі даних у бездротових сенсорних мережах та прийняття рішень у розподілених системах моніторингу.

У дослідженні [3] описано систему, яка використовує інтелектуальні пристрої, що можуть змінювати свої налаштування в реальному часі. Ці зміни ґрунтуються на концепції нечітких множин. Давачі разом збирають важливі дані для прийняття рішень у вирощуванні грибів. Використовуючи

нечітку логіку, система вирішує ключові аспекти, такі як полив субстрату, контроль навколишнього середовища, керування освітленням і виявлення шкідників. Структуру експертної системи подано на рисунку 1.

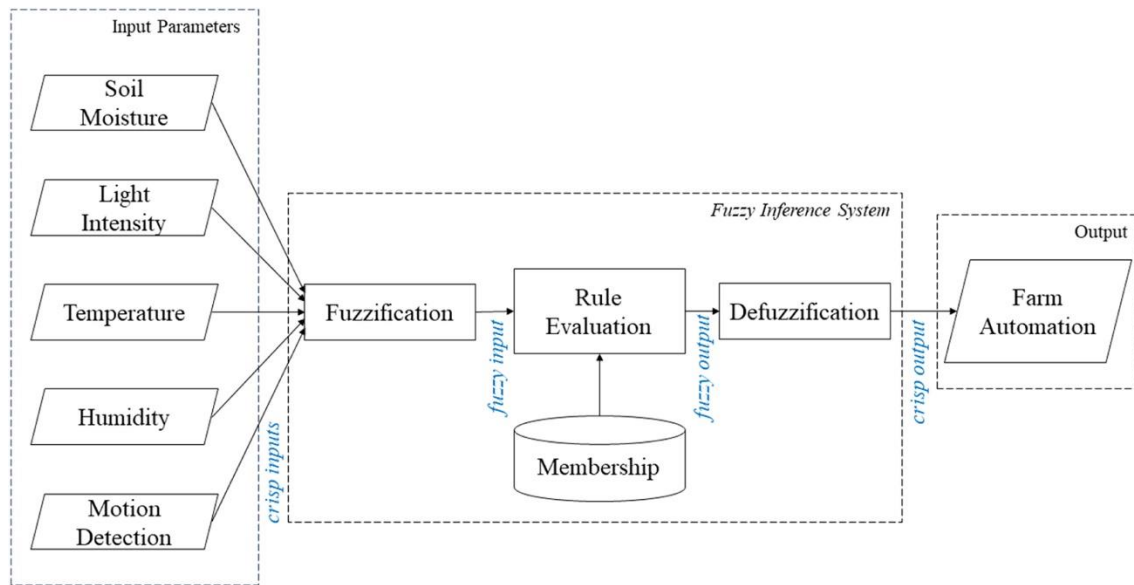


Рис. 1 - Структура експертної системи на основі нечіткої логіки для покращеного керування середовищем субстрату при вирощуванні грибів [3]

Дослідження [4] спрямоване на вирішення критичних проблем, спричинених глобальним зростанням населення, зміною клімату та урбанізацією, що впливають на виробництво харчових продуктів. Для цього пропонується використання IoT-контролера на основі нечіткої логіки в умовах невеликої теплиці, що сприятиме підвищенню ефективності та екологічної стійкості сільського господарства. Метою цього дослідження було поєднання інноваційної конструкції невеликої теплиці з системою керування на основі нечіткої логіки, щоб розробити саморегулююче середовище з підтримкою Інтернету речей для автономного вирощування рослин. Автори запевняють, що виконали успішну інтеграцію системи керування нечіткою логікою з тепличною інфраструктурою, що дозволяє здійснювати моніторинг у реальному часі та коригувати параметри навколишнього середовища, а також – розробити пілотну екосистему Інтернету речей, яка демонструє доцільність саморегулювання мікроклімату для покращення росту рослин. Структуру експертної системи подано на рисунку 2.



Рис. 2 - Структура експертної системи на основі нечіткої логіки Smart Greenhouse [4]

Більшість існуючих рішень орієнтовані на загальні аспекти оптимізації IoT-мереж і не враховують специфіку LPWAN-технологій, таких як Sigfox. У зазначених вище та інших дослідженнях [5, 6] нечітка логіка використовується для прийняття рішень щодо регулювання параметрів середовища в режимі реального часу, проте питання оптимального розміщення датчиків та комунікаційної інфраструктури в розподілених IoT-системах залишаються поза увагою. Це зумовлює необхідність розроблення адаптованих нечітких експертних систем, здатних ефективно визначати оптимальні місця встановлення датчиків і станцій, беручи до уваги геопросторові фактори, особливості поширення сигналу в LPWAN-мережах та техногенні перешкоди.

Висновки

Розглянуто застосування нечіткої логіки для оптимізації просторового розташування IoT-давачів та базових станцій у мережах LPWAN на основі технології Sigfox. Наведені приклади продемонстрували ефективність використання нечітких експертних систем. Але аналіз існуючих рішень показав, що більшість підходів орієнтовані на загальні завдання оптимізації IoT-мереж і не враховують специфіку LPWAN, зокрема Sigfox. Існуючі системи переважно зосереджуються на регулюванні параметрів середовища, проте проблема оптимального розміщення давачів та комунікаційної інфраструктури в розподілених IoT-системах залишається недостатньо дослідженою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Alqurashi H. SCAP SigFox: A Scalable Communication Protocol for Low-Power Wide-Area IoT Networks [Електронний ресурс] / Halah Alqurashi, Fatma Bouabdallah, Enas Khairullah // Sensors. – 2023. – Т. 23, № 7. – С. 3732. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/s23073732>
2. Aravind K. Optimized Fuzzy Logic based Energy-Efficient Geographical Data Routing in Internet of Things [Електронний ресурс] / Kalavagunta Aravind, Praveen Kumar Reddy Maddikunta // IEEE Access. – 2024. – С. 1. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1109/access.2024.3354174>
3. IoT and Fuzzy Logic Integration for Improved Substrate Environment Management in Mushroom Cultivation [Електронний ресурс] / Firdaus Irwanto [та ін.] // Smart Agricultural Technology. – 2024. – С. 100427. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100427>
4. Application of Fuzzy logic and IoT in a small-scale Smart Greenhouse System [Електронний ресурс] / Vasileios Thomopoulos [та ін.] // Smart Agricultural Technology. – 2024. – Т. 8. – С. 100446. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100446>
5. Wang X. Towards a crop pest control system based on the Internet of Things and fuzzy logic [Електронний ресурс] / Xuhui Wang, Vahid Jannesari // Telecommunication Systems. – 2024. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s11235-024-01106-9>
6. Smart IoT Irrigation System Based on Fuzzy Logic, LoRa, and Cloud Integration [Електронний ресурс] / Eneko Artetxe [та ін.] // Electronics. – 2024. – Т. 13, № 10. – С. 1949. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/electronics13101949>

Гончаренко Дмитро Валерійович – аспірант кафедри САІТ, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: honcharenko.d98@gmail.com

Мокін Віталій Борисович – д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри САІТ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ybmokin@vntu.edu.ua

Honcharenko Dmytro V. – postgraduate student of the Department of System Analysis and Information Technologies, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: honcharenko.d98@gmail.com

Mokin Vitalii B. – Dr. Tech. Sciences, Prof., Head of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ybmokin@vntu.edu.ua