

Богдан Нечипоренко

НУБіП України, ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження, Київ, Україна

Raykirey1@gmail.com

Алла Дудник

К.т.н., доцент

НУБіП України, ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження, Київ, Україна

ORCID ID 0000-0001-9797-3551

dudnikalla@mubip.edu.ua

ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ANFIS ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ОЧИЩЕННЯМ СТІЧНИХ ВОД

Анотація. У цій публікації розглянуто застосування нейроінформаційної системи ANFIS для ефективного управління процесами очищення стічних вод. Автор визначає важливі параметри, такі як струм, температура та електропровідність вхідної води, як ключові фактори для системи керування, що реагує на зміни ступеня забруднення води. Докладно розглядаються етапи навчання та тестування ANFIS, зокрема оптимізація типів функцій належності та розширення функціональності системи.

Автор пропонує стратегії для дослідження та оптимізації системи, включаючи розширення функціоналу управління та підвищення точності навчання. Підкреслюється важливість експериментів з різними типами функцій належності для досягнення оптимальних результатів.

Автор також пропонує шляхи збереження розробленої системи та наголошує на можливості подальших досліджень. Висловлюються рекомендації щодо розширення функціоналу системи та впровадження автоматизованих систем управління для забезпечення стабільності процесів очищення.

Загальною метою є використання інноваційних технологій для досягнення високої ефективності та автоматизації очистки стічних вод, сприяючи екологічній стійкості проєктів у сфері водоочистки.

Ключові слова: нейроінформаційна система; очистка стічних вод; температура; електропровідність; струм; ANFIS.

1. ВСТУП

В сучасному світі, де екологічні питання стають все більше актуальними, водоочищення визначається як стратегічно важлива галузь для збереження природних ресурсів та забезпечення сталого розвитку. Одним із ключових викликів у цьому контексті є розробка інноваційних технологій, спрямованих на підвищення ефективності процесів очищення стічних вод. У цьому контексті, нейроінформаційні системи взяли на себе важливу роль, забезпечуючи автоматизоване та інтелектуальне управління системами водоочищення.

Ця публікація розглядає застосування такої системи, конкретно ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), для оптимізації процесів очищення стічних вод. Ми дослідимо важливість врахування параметрів, таких як струм, температура та електропровідність вхідної води, у створенні ефективної системи керування. Розглянемо етапи навчання та тестування ANFIS, а також можливі шляхи оптимізації для досягнення найвищих результатів.

Зрозуміло, що розробка таких технологій не обмежується лише питаннями технічної складності, але також стає ключовим елементом глобальних екологічних зусиль. У цьому контексті, впровадження ANFIS в системи очищення стічних вод може стати не лише кроком до підвищення технічної ефективності, але й вагомим внеском у збереження нашого навколишнього середовища. Давайте разом дослідимо, як ця інноваційна технологія може перетворити підхід до завдань водоочищення та зробити їх більш сталими та ефективними [1]-[5].

2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

В умовах постійної екологічної турботи і строгих стандартів якості води, сучасні технології очищення стічних вод вимагають інтелектуальних підходів. Одним із передових рішень є впровадження нейроінформаційних систем, таких як ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), що дозволяють автоматизувати та оптимізувати процеси очищення.

Вихідні параметри, такі як струм, та вхідні такі як температура та електропровідність вхідної води, виступають одними з ключових факторів для створення системи керування. Струм використовується для ефективного управління насосами, регулюючи їх швидкість в залежності від ступеня забруднення води. Температура грає важливу роль у біологічних та хімічних процесах очистки, а електропровідність служить індикатором складу забруднень.

На основі вказаних вище параметрів було створено нейроінформаційну систему. Для того щоб навчити нейромережу було створено навчальну вибірку з показників датчиків, які записували дані впродовж певного часу. Далі отриману вибірку було завантажено до ANFIS-редактора (див. Рис. 1).



Рисунок 1. Вікно ANFIS-редактора після завантаження навчальної вибірки

ANFIS дозволяє створити гібридну мережу, яка адаптується до змінних умов. Етапи навчання та тестування дозволяють оптимізувати параметри системи. Графіки помилок відображають ефективність навчання та стабільність системи під час тестування (див. Рис. 2).

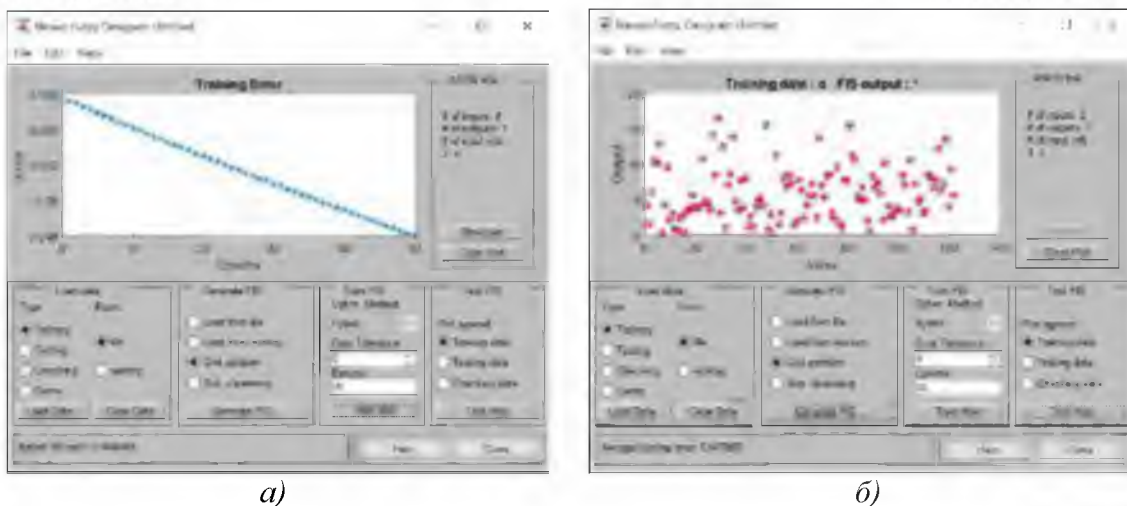


Рисунок 2. Результати навчання та тестування мережі (були використані функції належності *trimpf*)
а) – результат навчання; б) – результат тестування

Зручність роботи з ANFIS підкреслюється можливістю збереження системи для подальших досліджень. Команда `writefis(anfis, 'Назва файлу.fis')` дозволяє зберегти розроблену систему на диску. Після збереження, файл можна відкривати для подальшого редагування через FIS-редактор MATLAB (див. Рис. 3).

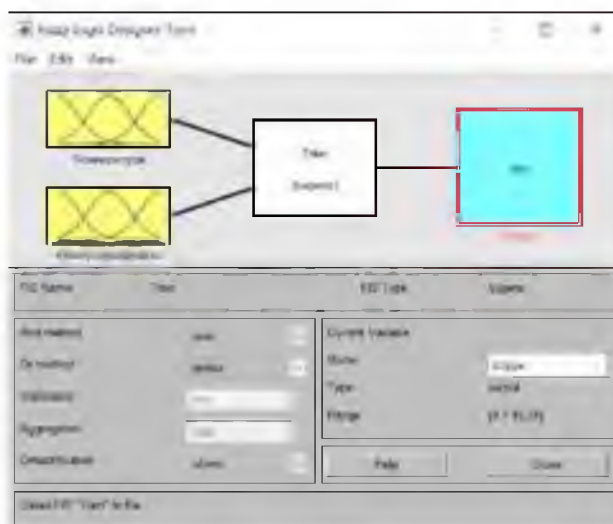


Рисунок 3. Редагування створеної мережі в FIS-редакторі

Додатково, експерименти з різними типами функцій належності (такими як *trimpf* та *gaussmf*) підсилюють можливості системи. Аналіз графіків та помилок дозволяє визначити оптимальний варіант для конкретних умов.

Таким чином, використання нейроінформаційної системи ANFIS для управління очищенням стічних вод є перспективним напрямом для досягнення високої ефективності та автоматизації процесів водоочистки.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На основі проведених досліджень можна зробити кілька важливих висновків. Використання нейроінформаційної системи ANFIS для управління процесами очищення стічних вод виявилось дуже перспективним підходом. Розглянуті параметри, такі як струм, температура та електропровідність вхідної води, виявилися ключовими для створення ефективної системи, яка може адаптуватися до змін у рівні забруднення.

ANFIS продемонстрував високу стабільність та точність під час етапу навчання та тестування. Це підтверджує його потенціал для впровадження в реальні умови очищення стічних вод. Важливо відзначити, що розгляд типів функцій належності та оптимізація технічних параметрів можуть ще більше підвищити продуктивність системи.

Перспективи подальших досліджень:

- Оптимізація системи у реальних умовах: провести додаткові експерименти та дослідження ефективності системи ANFIS в реальних об'єктах очищення стічних вод.
- Додаткові вхідні параметри: розгляд можливості включення додаткових вхідних параметрів для покращення адаптивності та точності системи.
- Розширення функціональності управління: дослідження можливостей додавання автоматизованих систем управління, які реагують на широкий спектр зовнішніх впливів.
- Створення адаптивної мережі: розробка адаптивної мережі, яка може динамічно змінювати свою структуру для оптимальної реакції на зміни умов.
- Вдосконалення методів навчання: вивчення та застосування вдосконалених методів навчання для досягнення ще вищої ефективності.

Завершуючи, використання ANFIS у водоочищенні відкриває широкі перспективи для підвищення якості та ефективності процесів очищення стічних вод. Подальші дослідження та інновації в цьому напрямку можуть призвести до створення ще більш передових технологій, що відповідають викликам сучасності та сприяють сталому використанню водних ресурсів.

ПОСИЛАННЯ

1. Wiest, L.; Gosset, A.; Fildier, A.; Libert, C.; Hervé, M.; Sibeud, E.; Giroud, B.; Vulliet, E.; Bastide, T.; Polomé, P.; et al. Occurrence and removal of emerging pollutants in urban sewage treatment plants using LC-QToF-MS suspect screening and quantification. *Sci. Total Environ.* **2021**, *774*, 145779
2. Stasinakis, A.S. Use of selected advanced oxidation processes (AOPs) for wastewater treatment—a mini review. *Glob. NEST J.* **2008**, *10*, 376–385.
3. Kruszelnicka, I.; Ginter-Kramarczyk, D.; Wyrwas, B.; Idkowiak, J. Evaluation of surfactant removal efficiency in selected domestic wastewater treatment plants in Poland. *J. Env. Health Sci. Eng.* **2019**, *17*, 1257–1264.
4. Jiang, X.; Wang, H.; Wu, P.; Wang, H.; Deng, L.; Wang, W. Nitrification performance evaluation of activated sludge under high potassium ion stress during high-ammonia nitrogen organic wastewater treatment. *J. Environ. Sci.* **2022**, *111*, 84–92.
5. Topalić Marković, J.; Mučenski, V.; Savić, D.; Velkovski, T.; Peško, I.; Tomaš, L. Risk assessment model for planning and design processes of wastewater treatment plants. *Period. Polytech. Civ. Eng.* **2021**, *65*, 181–190.

MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE

NATIONAL UNIVERSITY
OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE

FACULTY OF INFORMATION
TECHNOLOGY

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

PROCEEDINGS

XI International scientific
conference

**GLOBAL AND
REGIONAL PROBLEMS OF
INFORMATIZATION IN
SOCIETY AND
NATURE USING
'2023**

15-16 November 2023

Kyiv, NULES of Ukraine

Kyiv 2023

МАТЕРІАЛИ

XI Міжнародної науково-практичної
конференції

**ГЛОБАЛЬНІ ТА
РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАТИЗАЦІЇ В
СУСПІЛЬСТВІ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ
'2023**

15-16 листопада 2023 року

Київ, НУБіП України

Київ 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАТЕРІАЛИ

XI Міжнародної науково-практичної конференції

ГЛОБАЛЬНІ ТА РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ В СУСПІЛЬСТВІ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ '2023

15-16 листопада 2023 року

Київ, НУБіП України

Київ 2023

УДК 004

Рекомендовано до друку вченою радою факультету інформаційних технологій Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 4 від 20.11.2023)

Укладач: к.е.н., доцент Харченко В.В.

Збірник матеріалів XI Міжнародної науково-практичної конференції "Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні '2023", 15-16 листопада 2023 року, НУБіП України, К. НУБіП України, 2023. 117 с.

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

© Національний університет біоресурсів
і природокористування України, 2023