

РЕЦЕНЗІЯ

професора кафедри комп'ютерних наук
Національного університету біоресурсів і природокористування України,
доктора технічних наук, професора **ХИЛЕНКА Володимира Васильовича**
на дисертацію **ПАВЛОВА Сергія Григоровича**
на тему: **«Інтелектуальна комп'ютерно-інтегрована система
моніторингу параметрів виробництва біогазу»**,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Обґрунтування вибору теми дослідження. Сучасний стан розвитку енергетичної галузі характеризується стійкою тенденцією до диверсифікації джерел енергії та збільшення частки відновлюваних енергоресурсів.

Проблемна ситуація полягає у тому, що анаеробне зброджування є нелінійним біологічним процесом, чутливим до змін параметрів середовища, що часто призводить до нестабільності виробництва та зниження виходу біогазу. Традиційні методи контролю виявляються непрактичними для моделювання складних нелінійних взаємодій процесу.

У дисертації Сергія Павлова запропоновано комплексне вирішення зазначеної проблеми шляхом розроблення інтелектуальної комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу, що поєднує технології Інтернету речей, комп'ютерного зору та машинного навчання. Такий підхід дозволяє забезпечити повний цикл роботи з даними біогазової установки – від їх надходження та зберігання до аналітичної обробки, прогнозування та підтримки прийняття управлінських рішень. З огляду на зазначене, тема дисертаційного дослідження є беззаперечно актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Дисертація характеризується системним підходом до дослідження поставленої проблеми, логічною структурою та послідовністю викладу матеріалу. Усі наукові положення, висновки та рекомендації базуються на коректному використанні методів наукового пізнання, аналізі сучасних наукових джерел та результатах експериментальних досліджень.

Метою дисертації є підвищення ефективності виробництва біогазу шляхом розроблення інтелектуальної комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу параметрів технологічного процесу з використанням ансамблю нейронних мереж та комп'ютерного зору. Виходячи з аналізу основної частини дисертації, мета дисертації в ході виконання дослідження була досягнута, а дисертація є завершеною науковою кваліфікаційною працею.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у наступному: уперше запропоновано архітектуру ансамблю нейронних мереж для прогнозування виходу біогазу, що включає LSTM для аналізу часових рядів, XGBoost для табличних даних та ResNet-50 для візуальних ознак із схемою зваженого усереднення; удосконалено метод оцінки якості біосировини на основі гібридної метрики, що поєднує алгоритм сегментації Оцу з функцією бажаності Харрінгтона; отримав подальший розвиток механізм адаптивного донавчання відкритої системи, що забезпечує безперервне покращення точності прогнозів.

Достовірність отриманих результатів підтверджується експериментальною апробацією розробленої системи, а також публікаціями у фахових наукових виданнях і матеріалах міжнародних конференцій.

Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендацій щодо їх можливого використання. Результати дисертаційного дослідження мають важливе

теоретичне та практичне значення. Розроблена комп'ютерно-інтегрована система може бути використана для моніторингу та прогнозування виробництва біогазу на установках різної потужності.

Практичне впровадження розробленої системи сприятиме підвищенню ефективності біогазових установок. Отримані наукові результати також можуть бути використані у навчальному процесі під час підготовки фахівців з автоматизації.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення. Дисертація є цілісним, логічно побудованим і завершеним науковим дослідженням. Робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних джерел, що повністю відповідає поставленій меті та завданням дослідження.

У першому розділі проведено аналіз виробництва біогазу як об'єкта автоматизації. У другому розділі розроблено архітектуру апаратно-програмного комплексу на базі ESP32 та хмарної інфраструктури AWS. Третій розділ присвячено підсистемі аналізу якості сировини на основі комп'ютерного зору. У четвертому розділі виконано синтез підсистеми прогнозування та інтеграцію компонентів системи. У п'ятому розділі наведено техніко-економічне обґрунтування.

Дисертацію написано грамотною, чіткою та науково виваженою українською мовою. Дисертація оформлена відповідно до вимог МОН України та повністю відповідає принципам академічної доброчесності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано відповідно до планів науково-дослідницької роботи кафедри автоматики та робототехнічних систем імені академіка І. І. Мартиненка Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій у наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації. Результати наукового пошуку здобувача обговорювалися та отримали позитивні відгуки на науково-практичних конференціях різного рівня. Основні положення дисертації висвітлено у 13 наукових працях, з яких 2 статті у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 4 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 7 тез наукових доповідей. Кількість публікацій, обсяг, якість та повнота висвітлення результатів відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертація є самостійно написаною кваліфікаційною науковою працею із науково обґрунтованими висновками та рекомендаціями. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів супроводжується посиланнями на відповідні джерела. Таким чином, у дисертаційному дослідженні Сергія Павлова відсутні порушення академічної доброчесності.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації. Дисертація Сергія Павлова виконана на високому науково-технічному рівні та має завершений характер. Водночас окремі положення можуть бути предметом наукової дискусії або розглядатися як напрями подальшого розвитку дослідження, що не знижує загальної наукової та практичної цінності роботи.

1. Автор пропонує використання ансамблю моделей (LSTM, XGBoost) для прогнозування параметрів біогазової установки. Проте в роботі недостатньо висвітлено питання вибору саме цієї архітектури порівняно з простішими регресійними моделями чи іншими типами нейронних мереж.

2. Бажано було б представити порівняльний аналіз обчислювальної складності та часу навчання моделей у контексті реального часу роботи системи.

3. При налаштуванні гіперпараметрів моделей за допомогою генетичних алгоритмів залишається дискусійним питання вибору функції пристосованості. Недостатньо чітко обґрунтовано, чи враховує обраний критерій оптимізації не лише точність прогнозу, але й ризики перенавчання на специфічних етапах метанового бродіння

Водночас, вищенаведені зауваження істотно не впливають на високі здобутки роботи, яка в цілому є новим, актуальним та змістовним дослідженням, та носять переважно дискусійний характер.

Загальний висновок. Дисертація є завершеною, самостійно підготовленою кваліфікаційною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані та практично цінні результати, що вирішують важливе наукове завдання в галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Актуальність обраної теми дисертації, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, новизна та повнота викладу в опублікованих наукових працях повністю відповідають вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а здобувач Павлов Сергій Григорович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

Професор кафедри комп'ютерних наук Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктор технічних наук, професор Володимир ХИЛЕНКО