

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора

Мірошник Марини Анатоліївни

на дисертаційну роботу Шеліхова Юрія Олександровича
на тему: «Моделі та метод контролю мікроклімату у мікросервісних
інформаційно-вимірювальних системах»

подану до захисту на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія

Загальна характеристика та актуальність дослідження.

Дисертацію Шеліхова Ю.О. присвячено створенню моделей та методу контролю мікроклімату в мікросервісних інформаційно-вимірювальних системах. Робота є актуальною з огляду на поширення IoT-технологій, розумних приміщень і закритого агровиробництва, де необхідно поєднувати сенсорний моніторинг, прогнозування стану середовища та енергоефективне керування обладнанням.

Особливість дослідження полягає у поєднанні мікросервісної архітектури з алгоритмами штучного інтелекту. Здобувач пропонує не окремий регулятор чи прикладну програму, а цілісний контур, у якому дані від сенсорів агрегуються, прогнозуються, використовуються для вибору керуючих дій і повертаються до системи у вигляді зворотного зв'язку.

Для спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» ця робота є релевантною, оскільки охоплює проектування розподіленої програмно-апаратної платформи, побудову інформаційних потоків, інтеграцію IoT-вузлів, контейнеризованих сервісів та інтелектуальних алгоритмів контролю.

Оцінка змісту та логіки виконання роботи.

Логіка дисертації є послідовною: від аналізу сучасних систем мікроклімату і формування вимог автор переходить до математичного опису стану середовища, розроблення мікросервісної архітектури, побудови алгоритмів інтелектуального контролю та їх експериментальної перевірки.

У роботі належно розкрито взаємозв'язок між сенсорним рівнем, потоковою обробкою даних, прогнозними моделями, сервісами прийняття рішень і виконавчими пристроями. Це дозволяє розглядати запропоновану систему як

інтегровану інформаційно-вимірювальну платформу, а не як набір ізольованих модулів.

Перевагою дисертації є наявність експериментальної частини, яка спрямована на перевірку не лише точності прогнозування, але й якості керування, енергоефективності та поведінки мікросервісної архітектури під навантаженням.

Методологічний рівень та наукова аргументація.

Методологія дослідження відповідає поставленим завданням. Для формування архітектурних вимог використано системний аналіз; для опису топології сервісів і потоків даних - підходи теорії розподілених систем; для прогнозування часових рядів - LSTM-моделі; для вибору керуючих дій - навчання з підкріпленням і багатокритеріальну функцію винагороди.

Важливим є те, що відомі математичні та програмні інструменти не підміняють авторський результат. Новизна полягає у способі їх інтеграції в подієво-орієнтовану мікросервісну інформаційно-вимірювальну систему та у формуванні моделі стану, придатної для адаптивного контролю мікроклімату.

Наукова аргументація є достатньою: автор послідовно пояснює, чому для задачі мікроклімату потрібні прогнозування, адаптивний вибір дій, ізоляція сервісів і масштабована обробка телеметрії.

Наукова новизна і значущість одержаних результатів.

Першим результатом є архітектурна модель мікросервісної розподіленої інформаційно-вимірювальної системи інтелектуального контролю мікроклімату. Її значущість полягає у можливості незалежного розвитку, масштабування та відновлення окремих функціональних сервісів.

Другим результатом є модель представлення та прогнозування стану мікроклімату, яка поєднує потокову агрегацію даних від гетерогенних сенсорів із нейромережовим прогнозуванням. Це дозволяє обґрунтовувати керуючі дії не тільки за поточними відхиленнями, а й за очікуваною динамікою середовища.

Третім результатом є розвиток методу адаптивного контролю на основі навчання з підкріпленням. Багатокритеріальна функція винагороди забезпечує баланс між підтриманням заданих параметрів мікроклімату, стабільністю процесу та зниженням енерговитрат.

Значущим прикладним доповненням є дослідження вентиляційної підсистеми та інтеграція її логіки у загальний контур контролю мікроклімату.

Експериментальне підтвердження та практична корисність.

Експериментальна перевірка підтверджує працездатність запропонованої системи. Дослідження охоплюють LSTM-прогнозування, адаптивний контроль, керування вентиляцією, аналіз телеметрії та оцінювання масштабованості мікросервісної архітектури.

Практична корисність полягає у можливості застосування розробленої платформи для розумних приміщень, теплиць, сіті-ферм та інших об'єктів, де необхідно підтримувати параметри середовища в заданих межах. Запропоновані рішення також можуть використовуватися в освітньому процесі під час підготовки фахівців із комп'ютерної інженерії.

Позитивним є те, що в роботі оцінюються як алгоритмічні показники, так і системні характеристики: затримка, стабільність, масштабованість і енергоефективність. Такий підхід відповідає інженерній природі спеціальності 123.

Публікації, апробація та академічна доброчесність.

Основні результати представлені у наукових працях, що охоплюють архітектуру мікросервісної системи, IoT-рівень, прогнозування параметрів мікроклімату, адаптивне керування, балансування навантаження та експериментальні дослідження. Отже, публікації загалом відповідають змісту дисертації та положенням, винесеним на захист.

Під час аналізу тексту дисертації порушень принципів академічної доброчесності не виявлено. Запозичені положення мають посилання на відповідні джерела, а особистий внесок здобувача у спільних публікаціях подано окремо.

Дискусійні питання та зауваження.

1. У роботі варто було б детальніше описати набори даних, на яких навчалися й перевірялися LSTM-моделі, зокрема розподіл на навчальну, валідаційну та тестову вибірки.

2. Доцільно додатково проаналізувати чутливість результатів Q-learning до вагових коефіцієнтів багатокритеріальної функції винагороди.

3. Для підвищення відтворюваності експериментів бажано було б розширити опис конфігурацій мікросервісів, параметрів запуску та сценаріїв навантаження.

4. Бажано докладніше описати процедуру перевірки перенавчання нейромережевої моделі та критерії зупинки навчання, оскільки це підвищило б переконливість оцінювання LSTM-модуля.

5. Доцільно було б окремо зіставити результати роботи гібридного підходу з простішими базовими стратегіями керування, щоб чіткіше показати внесок саме інтелектуальної складової.

Ці зауваження мають дискусійний характер і не впливають на позитивну оцінку дисертаційного дослідження.

Загальний висновок.

Дисертація Ю.О. Шеліхова є цілісною кваліфікаційною науковою працею, у якій отримано обґрунтовані результати щодо побудови моделей та методу контролю мікроклімату у мікросервісних інформаційно-вимірювальних системах.

Здобувач продемонстрував здатність формулювати науково-технічну задачу, добирати адекватні методи, розробляти архітектурні й алгоритмічні рішення та перевіряти їх на програмно-апаратному прототипі.

За змістом, рівнем наукової новизни, практичною спрямованістю, достовірністю результатів і повнотою їх опублікування робота відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44.

Шеліхов Юрій Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент:

Професор кафедри комп'ютерних систем
та робототехніки Харківського
національного університету імені
В.Н. Каразіна
доктор технічних наук, професор

Марина МІРОШНИК