

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора,

Байбуза Олега Григоровича

на дисертацію Остапюка Володимира Вікторовича

**«Агентні моделі в інформаційній технології інтелектуального
моніторингу»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121
«Інженерія програмного забезпечення» галузі знань 12 «Інформаційні
технології»

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Дисертаційна робота присвячена актуальному науково-прикладному завданню підвищення ефективності функціонування моніторингового програмного агента в інформаційній технології інтелектуального моніторингу шляхом розроблення методів побудови та засобів програмної реалізації багатoshарових агентних моделей.

Актуальність теми зумовлена зростанням складності та динамічності середовищ, у яких функціонують сучасні розподілені інформаційні системи та мікросервісні архітектури. У процесі експлуатації таких систем неминуче змінюються статистичні властивості вхідних даних (явище «дрейфу концепцій») та режими функціонування об'єктів спостереження. За таких умов традиційні статичні засоби моніторингу, побудовані на фіксованих правилах або одноразово навчених моделях, втрачають адекватність, що може призводити до пропуску критичних збоїв.

Особливої ваги набуває питання створення моніторингових агентів, здатних до автономного синтезу та адаптації власних прогностичних моделей без втручання людини. Складність цього завдання підтверджується сучасними викликами галузі MLOps (Machine Learning Operations), зокрема проблемами автоматизації багатоетапних процесів конструювання складних ансамблів та



забезпечення машинної відтворюваності експериментів під час перенесення моделей у середовище експлуатації. Саме ці аспекти роблять дослідження своєчасним для сучасної інженерії програмного забезпечення.

Робота відповідає спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення», оскільки поєднує методи машинного навчання, агентного моделювання, декларативного опису обчислювальних процесів і проєктування програмної архітектури моніторингового агента. Отже, тема дослідження є актуальною, науково обґрунтованою та практично значущою.

СТУПІНЬ ОБґРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ У ДИСЕРТАЦІЇ, ТА ЇХ ДОСТОВІРНІСТЬ

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертації є достатньо обґрунтованими. Автор послідовно переходить від аналізу сучасного стану проблеми до формалізації методів, експериментальної перевірки та розроблення інформаційної технології моніторингового програмного агента.

За структурою дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі здійснено системний аналіз сучасного стану інтелектуального моніторингу динамічних середовищ, досліджено феномен дрейфу концепцій та критично проаналізовано існуючі інструменти управління життєвим циклом моделей (MLflow, Kubeflow тощо) у контексті їхніх обмежень щодо відтворюваності. У другому розділі викладено теоретичні основи й математичну формалізацію методів підвищення однорідності вхідних даних шляхом кластеризації та удосконаленого методу багат шарової рециркуляції з використанням гетерогенних пулів алгоритмів. Третій розділ присвячено експериментальній перевірці запропонованих рішень, а четвертий — проєктуванню інформаційної

технології та програмного агента на основі декларативного підходу й подання процесів синтезу у вигляді спрямованого ациклічного графа (DAG).

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним застосуванням сучасних методів системного аналізу, машинного навчання, кластеризації (K-Means, GMM, ієрархічна), методів оптимізації гіперпараметрів (TPE) та граф-орієнтованого моделювання. Теоретичні висновки підкріплено експериментальними дослідженнями на трьох структурно відмінних відкритих наборах табличних даних з оцінюванням якості за загальноприйнятими метриками RMSE, MAE та R^2 . Збіг результатів повторних запусків складної архітектури підтверджує машинний детермінізм запропонованого підходу.

Побудова дослідження є логічною: сформульовані завдання відповідають меті, запропоновані методи розкривають заявлену наукову новизну, а експериментальна частина демонструє можливість практичного застосування результатів. Позитивним є те, що автор оцінює не лише точність прогнозування, а й інженерні властивості програмного рішення — відтворюваність, декларативність, можливість аудиту проміжних етапів і перенесення складних модельних структур між середовищами.

НАУКОВА НОВИЗНА ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Наукова новизна одержаних результатів полягає в такому:

вперше запропоновано метод багатошарового синтезу агентних моделей, який, на відміну від існуючих, використовує попередню кластеризацію вхідних даних і побудову спеціалізованих моделей для кожного кластера з подальшим додаванням їхніх прогнозів до масиву вхідних даних для повторного синтезу, що дає змогу підвищити однорідність точок спостереження у кластерах і, як наслідок, точність та адекватність результатів моделювання;

удосконалено метод синтезу багатошарових моделей та їх програмної реалізації шляхом залучення різнотипних (гетерогенних) алгоритмів машинного навчання на різних структурних шарах, що дозволяє поєднувати властивості різних класів алгоритмів, підвищити повноту опису об'єкта та ефективніше виявляти приховані закономірності;

набув подальшого розвитку метод багатошарового синтезу агентних моделей за рахунок формалізації процесів конструювання алгоритмів синтезу на основі спрямованого ациклічного графа (DAG), що забезпечує багатоетапність і машинний детермінізм обчислень, аудит проміжних вузлів та об'єднання у єдиний конвеєр моделей, побудованих у різних програмних середовищах.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ

Практична цінність роботи полягає у створенні цілісної інформаційної технології проєктування програмного забезпечення моніторингових агентів. Розроблений метод підвищення однорідності даних та вдосконалений метод гетерогенної рециркуляції дають змогу моніторинговому агенту автономно розпізнавати зміни режимів функціонування інформаційної системи та адаптувати до них свою прогностичну логіку.

Важливим практичним здобутком є застосування декларативного підходу та архітектури на основі DAG, що вирішує критичну прикладну інженерну проблему MLOps — надійне перенесення навчених складних ансамблів у середовище експлуатації з гарантуванням повної машинної відтворюваності обчислень, аудиту проміжних результатів, збереження конфігурацій, метрик якості та метаданих походження моделей.

Запропоновані методи можуть застосовуватися для задач прогнозування, технічної діагностики, моніторингу мікросервісних архітектур та автоматизованого контролю складних інформаційних систем. Практичну

значущість роботи підтверджують акти впровадження результатів, а також їх використання у виконанні науково-дослідних робіт кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем ЧДТУ. Результати можуть бути використані у науково-дослідній роботі та в освітньому процесі під час підготовки фахівців з інженерії програмного забезпечення та інтелектуального аналізу даних.

ПОВНОТА ВИКЛАДУ РЕЗУЛЬТАТІВ У НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЯХ

Основні результати дисертації достатньо повно висвітлено у наукових публікаціях здобувача. За темою дослідження опубліковано 14 наукових праць, серед яких 5 праць відображають основні наукові результати (4 статті у наукових фахових виданнях України та 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Scopus), а 9 публікацій засвідчують апробацію матеріалів на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях.

Публікації охоплюють питання багатоваріантного синтезу моделей, підвищення однорідності вхідних даних, машинного навчання ансамблів, DAG-орієнтованого подання процесів та декларативного проєктування відтворюваного навчання складних модельних структур. Тематика опублікованих праць узгоджується зі змістом дисертації, її метою, завданнями, науковою новизною та практичними результатами, що дає підстави вважати виклад результатів у публікаціях достатнім. Апробація результатів на конференціях підтверджує послідовний розвиток тематики дослідження та представлення його положень науковій спільноті.

ДОТРИМАННЯ НОРМ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

У дисертації наведено посилання на використані джерела, а результати інших авторів відмежовано від власних результатів здобувача. Список джерел є репрезентативним для тематики дослідження та охоплює праці з машинного

навчання, агентних систем, MLOps, кластеризації, ансамблевого моделювання й програмної інженерії.

За результатами ознайомлення з текстом дисертації ознак порушення норм академічної доброчесності, зокрема некоректного запозичення або привласнення чужих результатів, не виявлено. Власний внесок здобувача чітко ідентифікований через сформульовані наукові результати, експериментальну частину, програмно-інженерні рішення та публікації за темою дисертації; у працях, опублікованих у співавторстві, внесок дисертанта розмежовано та зазначено у тексті роботи. Остаточне підтвердження текстової оригінальності має здійснюватися згідно з процедурою закладу вищої освіти.

ЗАУВАЖЕННЯ ТА НЕДОЛІКИ

Дисертаційна робота має комплексний характер і містить вагомий науковий результат. Водночас у ній наявні окремі недоліки та дискусійні положення, які потребують уточнення або можуть бути враховані під час подальшого розвитку дослідження:

- 1) ¶ У четвертому розділі розроблено архітектуру декларативного опису конфігурацій. Водночас поза увагою залишилося питання обробки виняткових ситуацій під час ініціалізації графа на етапі виконання. Дослідження виграло б від опису механізмів програмного відновлення роботи агента в разі отримання некоректних вхідних параметрів або збоїв програмного середовища.
- 2) Наведені в роботі результати добре ілюструють приріст точності прогнозування. Разом із тим для автономного програмного агента важливим експлуатаційним показником є загальний час генерації фінального прогнозу. У роботі бракує оцінок того, наскільки зростає час виконання обчислень при застосуванні багат шарових ансамблів порівняно з базовими моделями.

- 3) Розроблена архітектура передбачає можливість зваженого усереднення результатів роботи моделей. Оскільки наразі вагові коефіцієнти задаються розробником на етапі налаштування, це певною мірою обмежує автономність системи. Дискусійним є питання щодо доцільності впровадження механізму автоматичного розрахунку цих ваг безпосередньо під час етапу навчання агента.
- 4) ¶ З метою зменшення обчислювального навантаження під час побудови багат шарових ансамблів автор пропонує виконувати оптимізацію гіперпараметрів алгоритмів на базовому рівні, а на наступних шарах використовувати вже знайдені конфігурації. Проте варто зауважити, що на глибоких шарах природа вхідних даних змінюється за рахунок додавання мета-ознак. Відповідно, перенесення параметрів з нульового шару без їх адаптації може призводити до недовикористання прогностичних можливостей алгоритмів.
- 5) ¶ Застосування фіксованих методів заповнення пропущених значень (наприклад, заміна на середнє чи медіану) є стандартним кроком підготовки даних. Проте використання таких статичних підходів у безперервних потоках інформації може з часом спотворювати статистичні властивості вибірки. Варто було б розглянути можливість застосування більш адаптивних методів відновлення пропусків.

Зазначені зауваження мають переважно дискусійний характер, не впливають на головні теоретичні та практичні здобутки дослідження і не знижують загальної високої оцінки дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота Остапюка Володимира Вікторовича «Агентні моделі в інформаційній технології інтелектуального моніторингу» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальне науково-

прикладне завдання підвищення ефективності функціонування моніторингового програмного агента шляхом розроблення методів побудови та засобів програмної реалізації багат шарових агентних моделей.

Отримані результати мають наукову новизну, практичну цінність і належний рівень апробації. Зміст дисертації відповідає спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення», а висновки узгоджуються з поставленими завданнями та результатами експериментальних досліджень.

На підставі аналізу дисертації, опублікованих праць і наведених результатів можна зробити висновок, що дисертаційна робота відповідає 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 від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами), які висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор Остапюк Володимир Вікторович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри інженерії програмного
забезпечення та інформаційних технологій
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара

01/02/25

Олег БАЙБУЗ

Підпис проф. Байбуза Олега Григоровича засвідчую:



Тетяна ХОДАНЕН

« 25 » червня 2026 р.